Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON

ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON

ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS • E. BEDERKE • H. BROCKMANN • P. TEN BRUGGENCATE • C. W. CORRENS • H. J. DEUTICKE
H. v. FICKER • R. GRAMMEL • O. HAHN • R. HARDER • M. HARTMANN • W. HEISENBERG • K. HENKE
A. KÜHN • M. v. LAUE • H. MARTIUS • R. W. POHL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

42. JAHRGANG **HEFT 8 (ZWEITES APRILHEFT)** **1955**

INHALT:

Seite

AUFSÄTZE.

Forschung und Lehre heute. Zum 70. Geburtstag von ALFRED KÜHN am 22. April 1955. Von K. HENKE 193

Die Wirkung der Gene auf biochemische Vorgänge bei höheren Pflanzen. Von C. HARTE 199

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Der Quarz-Prismenspektrograph als Analysator für polarisiertes Licht. Von H. CH. WOLF und D. GRIESSBACH . . . 206

Eine einfache Methodik zur Messung und Demonstration der Rotationsdispersion. Von D. GRIESSBACH und H. CH. WOLF 207

Role of "Ageing" in the Production of JOSHI Effect in Mercury Vapour. Von N. A. RAMAIAH und H. C. GAUR 207

Prinzipielle Betrachtungen im Periodischen System der Elemente. Von S. K. ASUNMAA und R. LEPSIUS 208

Einige Verbesserungen für das Matrizenabdruckverfahren von Faserstoffen bei elektronenoptischen Untersuchungen. Von G. HUNGER und G. JAYME 209

Die Bestimmung von kleinen Mengen Ammoniak in Gasgemischen. Von Y. KAUKO und S. DÖGER 209

Über Anomalien bei der Bestimmung primärer Aminogruppen mittels salpetriger Säure. Von G. KAINZ und F. SCHÖLLER 209

Zur Bildung aromatischer Kohlenwasserstoffe während des Rauchprozesses. Von H. LETTRÉ und A. JAHN 210

Synthesen der γ-Poly-L-glutaminsäure. Von V. BRUCKNER, J. WEIN, H. NAGY, M. KAJTÁR und J. KOVÁCS 210

Bestimmung der Ascorbinsäure mit Tetrazoliumsalzen. Von Z. PÁDR, M. ŠMÍD und V. ŠÍCHO 210

Eine neue Azulen-Synthese. Von H. RÖSLER und W. KÖNIG . 211

Die papierchromatographische Analyse von Mäuse-Seren. Von H. OLBERG 211

Das Aktionsspektrum des Lichteinflusses auf die Keimung von Farnsporen. Von E. BÜNNING und H. MOHR 212

Serologisch spezifische Adsorbentien. Von G. MANECKE und K.-E. GILLERT 212

Neue Wege zur Charakterisierung der Wirkungsintensität von chemischen Noxen. Von F. WEINFURTNER, A. UHL und F. WULLINGER 213

Über die parasitogen induzierte Atmungssteigerung beim Weizen. Von Z. KIRÁLY und G. L. FARKAS 213

Über Mutationsversuche an Alkaloidpflanzen. Von K. MOTHES, A. ROMEIKE und H.-B. SCHRÖTER 214

Zur Schwankungsbreite der Serumeiweißfraktionen normaler Versuchskaninchen. Von F. SCHEIFFARTH, K. H. KIMBEL und G. BERG 214

Cancerogene Wirkung von 4-Dimethylamino-triphenylmethan bei subkutaner Gabe an Ratten. Von H. DRUCKREY und D. SCHMÄHL 215

Über den Einfluß der Witterung auf den Schwefelstoffwechsel bei Kaninchen. Von R. LOTMAR und J. HÄFELIN 215

Druckwellen-Schocktod. Von HJ. KOLDER 216

Analytische Studie über die Absterbeordnung weißer Mäuse nach experimenteller Infektion mit dem MM-Virus. Von R. GÄDEKE 216

Die Wirkung des Süßstoffes Dulcin bei langdauernder Fütterung. Von H. LETTRÉ und H. WRBA 217

BESPRECHUNGEN.

F. HUND, Materie als Feld, eine Einführung. (Ref.: F. BOPP) . 217

V. M. GOLDSCHMIDT, Geochemistry. (Ref.: C. W. CORRENS) . 218

A. F. HOLLEMANN and J. P. WIBAUT: Organic Chemistry. (Ref.: K. G. KINKEL) 218

A. KÜHN, Vorlesungen über Entwicklungsphysiologie. (Ref.: E. HADORN) 219

H. REIN † und M. SCHNEIDER, Einführung in die Physiologie des Menschen. (Ref.: W. SCHOEDEL) 219

Pigment Cell Growth. (Ref.: G. ANDRES) 220

Advances in Enzymology and Related Subjects of Biochemistry. Bd. 14. (Ref.: M. KIESE) 220

C.H.F. Müller Aktiengesellschaft Hamburg Röntgenwerk

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Eucken*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20 %. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zeitschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel.: 4717.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker

Von Dr.-Ing **R. Zurmühl**, Darmstadt. Mit 114 Abbildungen. XI, 481 Seiten Gr.-8°. 1953.

Ganzleinen DM 28.50

Inhaltsübersicht: **I. Einführung. Hilfsmittel. — II. Gleichungen:** Allgemeine Gleichungen mit einer Unbekannten. Algebraische Gleichungen. Gleichungen dritten und vierten Grades. Algebraische Gleichungen höheren Grades: Verfahren von Graeffe. Stabilitätskriterien. — **III. Lineare Gleichungen und Matrizen:** Der Gaußsche Algorithmus. Matrizen. Die Kehrmatrix. Das Eigenwertproblem. Iterative Behandlung linearer Gleichungssysteme. Iterative Behandlung des Eigenwertproblems. — **IV. Interpolation und Integration:** Allgemeine Interpolationsformeln. Spezielle Interpolationsformeln. Numerische Integration. Graphische Integration. — **V. Ausgleichsrechnung:** Direkte Beobachtung einer Meßgröße. Ausgleich vermittelnder Beobachtungen. Bedingte Beobachtungen. — **VI. Darstellung willkürlicher Funktionen:** Harmonische Analyse. Ausgleichsparabeln. Annäherung willkürlicher Funktionen. **VII. Differentialgleichungen: Anfangswertaufgaben:** Grundgedanken. Zeichnerische Verfahren. Das Runge-Kutta-Verfahren. Differenzenschemaverfahren (Interpolation). — **VIII. Differentialgleichungen: Rand- und Eigenwertaufgaben:** Einführung. Differenzen- und Quadraturverfahren. Funktionenansatz. Das Ritzsche Verfahren. Verfahren der schrittweisen Näherung. — **Sachverzeichnis.**

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

42. Jahrgang | Heft 8 (Zweites Aprilheft) | 1955

Forschung und Lehre heute.

Zum 70. Geburtstag von Alfred Kühn am 22. April 1955.

Von K. HENKE, Göttingen.

Das Leben jeder Wissenschaft hat zu jeder Zeit eigene Möglichkeiten und eigene Gefahren. Wenn sich einer Wissenschaft so wie der heutigen *Biologie* vielfache neue Gebiete erschließen, so greift sie freudig zu, aber da mit jeder Vermehrung des Wissens auch der Überblick immer stärker erschwert wird, gehen wir auch auf dem Weg der Arbeitsteilung, der sich in der Bewältigung der praktischen Lebensaufgaben so sehr bewährt, wieder einen Schritt weiter. Das ist unvermeidlich. Aber Wissenschaft lebt doch immer nur, wo sie in ihren Zusammenhängen bewußt ist — das Mosaikbild, das in Tabellenwerken und Handbüchern stückweise zusammengesetzt wird, ist ja nicht die Wissenschaft —, und wir empfinden den Fortgang immer nur insoweit als echten Fortschritt, als neue Zusammenhänge sichtbar werden, in denen wir die Einheit unseres Gegenstandes auf eine neue Weise erfassen. Darum kann uns auch der beste Wille zur Zusammenarbeit, mit der wir den Gefahren der Arbeitsteilung zu begegnen suchen, nur in dem Maß weiterhelfen, wie der einzelne die Zusammenhänge noch übersieht. Ginge diese Einsicht verloren, so brächte unser Vertrauen auf die Arbeitsteilung unsere Wissenschaft zum Absterben oder zur Erstarrung in der Zersplitterung.

Der Zug unserer Zeit zur Arbeitsteilung bringt die Wissenschaft auch noch von einer anderen Seite her in Gefahr. Von ihrem Ursprung in der Antike her lebt unsere Wissenschaft in der Verbindung von Forschung und Lehre; so zeigen es die Lehrgespräche, die uns als schönste Zeugnisse der griechischen Wissenschaft überkommen sind. Der Zusammenhang liegt im Wesen der Wissenschaft begründet. Sie erhält sich wie alle Kultur nur in der Tradition, und man kann nicht anders in sie eintreten als durch eigene stufenweise aufsteigende Teilnahme an der wissenschaftlichen Arbeit selbst. Wenn die Forschung auch für ihre eigene unmittelbare Arbeit die Lehre nicht braucht, so würde doch ihr Lebensfaden zerschnitten, wenn wir der Arbeitsteilung zuliebe die Verbindung preisgäben.

Aber so sehr auch die Arbeit immer neuer Generationen die Bedingungen verändert, unter denen die Wissenschaft leben und lehren soll, es erscheinen doch auch immer wieder einzelne starke Persönlichkeiten, die mit der Sicherheit der ursprünglichen Naturen ihre Wissenschaft aus der besonderen Zeitlage heraus auf dem ihrem Wesen gemäßen Weg weiterführen. In der Biologie wirkt seit Jahrzehnten ALFRED KÜHN als eine solche Persönlichkeit, und sein 70. Geburtstag ist wohl ein begründeter Anlaß, sich vor Augen zu stellen, was wir ihm bis heute für die Wissenschaft und für ihre Lehre verdanken.

Das überraschend Umfassende seiner *Forscherarbeit* kündigt sich schon gleich am Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn, schon in den ersten Jahren der Freiburger Zeit an. Seine besondere Begabung hatte aufs glücklichste die einzigartige Möglichkeit für ihre Entfaltung zu nutzen gewußt, die ihr mit dem gleichzeitigen Wirken des Zoologen und Deszendenztheoretikers AUGUST WEISMANN und des Physiologen und Philosophen JOHANNES V. KRIES geboten war. Im gleichen Jahr 1908 erschien die im Rahmen der zytologischen Arbeiten WEISMANNs liegende Dissertation über das Verhalten der Chromosomen im Lebenszyklus bei parthenogenetischer Fortpflanzung, ein Problem, das für die schon früh von WEISMANN vermutete Bedeutung der Chromosomen als Erbträger bedeutsam ist, und eine gemeinsam mit TRENDELENBURG durchgeführte Untersuchung über die Funktion des Labyrinthes bei Reptilien, also aus dem bei V. KRIES gepflegten Gebiet der Sinnesphysiologie. An jeden dieser beiden Ansatzpunkte haben sich weitere Arbeiten angeschlossen, teils unmittelbar in den eingeschlagenen Richtungen fortschreitend, teils auf angrenzende neue Gebiete übergreifend. Dabei haben sich wohl die Schwerpunkte verlagert, aber es ist doch ein hervorstechender Zug dieses Forscherlebens, daß es, ohne eigentlich die Richtung zu wechseln, immer weiter ausgreift. So müssen wir es wohl, statt dem Längsschnitt nachzugehen, in den hauptsächlichen Sektorenfeldern ansehen, die den sich ausbreitenden Kreis aufbauen.

Die äußeren Daten, die sich dieser Betrachtung nicht fügen, sind rasch vorausberichtet. 1910 folgt die Habilitation in Freiburg, 1914 die Ernennung zum außerordentlichen Professor, dann Wehrdienst mit zeitweiliger Arbeitsmöglichkeit in Heidelberg, von 1918 bis 1920 eine Zeit der Wirksamkeit in dem Institut von KARL HEIDER in Berlin, Berufung auf das Ordinariat in Göttingen, von hier im Jahr 1937 Übergang an das Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie in Dahlem, 1943 Verlegung des Instituts nach Hechingen in Hohenzollern, nach Kriegsende Übernahme des zoologischen Lehrstuhls in Tübingen und schließlich hier die Errichtung eines neuen Max-Planck-Instituts, in dem nun, nach der Emeritierung bei der Universität, die Forscherarbeit wieder ganz im Vordergrund steht.

Die mit den Labyrinthuntersuchungen an Reptilien eingeschlagene Hauptrichtung führte KÜHN noch in Freiburg zunächst mit einer Untersuchung am Flußkrebs über die verschiedenen bei der Einstellung des Tieres im Raum wirksamen Sinnesfunktionen und die sie koordinierenden Reflexmechanismen fort. Dann folgte, zuerst als Antrittsvorlesung in Berlin vorgetragen und kurz darauf ausführlicher als eigene Schrift veröffentlicht, ein vergleichender Überblick über das hier behandelte Gebiet, der sogleich außerordentliche Bedeutung gewann. Die *Raumeinstellung der Tiere* bildet einen wohl abgrenzbaren und dabei

der experimentellen Analyse verhältnismäßig gut zugänglichen Ausschnitt des tierischen Verhaltens. Sie wurde damals von verschiedenen Seiten mit unterschiedlichen Objekten und Methoden bearbeitet und lieferte sehr verschiedenartige Resultate. Nun bewegt sich der Verhaltensforscher auf einem Gebiet, in dem Grundfragen des organischen Lebens nur wie unter einer dünnen Decke zu liegen scheinen. Da ist die Frage nach dem Verhältnis zwischen physischen und psychischen Lebenserscheinungen, und die wunderbare Geschlossenheit vieler tierischer Verhaltensweisen rückt uns das Problem der Ganzheit immer wieder in der eindrucksvollsten Weise vor Augen. So ist es kein Wunder, daß Unklarheiten und Widersprüche auf diesem Gebiet oft heftiger als auf anderen erörtert wurden, die gefährlich genialen Simplifikationen von JACQUES LOEB hatten viel dazu beigetragen. KÜHN erkannte den Grund für die Verworrenheit der Lage. Die Einsicht, die hier eine glückliche Lösung brachte, ergab sich ihm aus dem klaren Überblick über die in allem Streit wirklich gesicherten Tatsachen. Er sah, daß tatsächlich eine Reihe typisch verschiedener Orientierungsreaktionen vorkommen, die oft zum gleichen Ziel führen, oft auch, je nach den Bedingungen, am selben Objekt auftreten, aber auf verschiedenen Reflexmechanismen beruhen. Diese Einsicht und das Begriffsschema, das er daraufhin entwarf, haben in der Geschichte des Gebietes Epoche gemacht, indem sie eine Fülle neuer Arbeiten anregten und einen stetigen und geordneten Fortgang der Arbeit ermöglichten. Der Impuls wirkt noch heute. In seinen eigenen Arbeiten hat KÜHN das glücklich gangbar gemachte Gebiet nicht mehr betreten, doch schlossen sich eine Reihe von Schülerarbeiten über Orientierungsreaktionen an, und auch auf anderen Gebieten der Verhaltensforschung wurde in seiner Schule gearbeitet, so über die Aktivitätsrhythmen von Zugvögeln und den Sitz der Gedächtnisleistungen im Gehirn der Fische.

Dieser letzte Punkt berührt sich wieder mit einer Reihe sinnesphysiologischer, und zwar das *Farbensehen der Tiere* betreffender Untersuchungen, die KÜHN gleich nach seiner Berufung nach Göttingen begann. Hier konnte er anknüpfen an die grundlegenden Untersuchungen v. FRISCHs, der die für die Sinnesphysiologie so wertvolle Dressurmethode entwickelt und zum sicheren Nachweis des Farbenunterscheidungsvermögens der Biene benutzt hatte. In Göttingen traf KÜHN mit dem Physiker ROBERT POHL zusammen, und die beiden für den Geist der Zusammenarbeit in der Göttinger Fakultät so besonders repräsentativen Männer entwickelten gemeinsam eine höchst fruchtbare Verbesserung der Methode. Überraschenderweise stellte sich heraus, daß es möglich war, die futtersuchenden Bienen in einen stark abgedunkelten Raum zu locken, in dem ihnen nun als Dressurreiz statt der bis dahin benutzten Pigmentpapiere mit ihrem relativ unscharf bestimmten Farbcharakter reine Spektrallichter geboten werden konnten. Die Versuche wurden, zum Teil mit anderen Methoden, auf andere Insekten und niedere Wirbeltiere ausgedehnt und haben eine Fülle neuer Erkenntnisse über das Farbensehen der Tiere erbracht. Es zeigte sich, daß die Bienen nicht, wie es früher geschienen hatte, einen ähnlichen Farbensinn haben wie die Rotgrünblinden, denen ein mittlerer Ausschnitt unseres Spektrums unfarbig erscheint, sondern wie der normalsichtige Mensch in einem kontinuierlichen Farbspektrum vier Hauptfarbenqualitäten unterscheiden. Die Hauptfarben liegen aber auf der Skala der Wellenlängen anders als beim Menschen. Der Bereich des sichtbaren Lichtes ist für die Biene gegenüber unserem Sehvermögen am Rotende verkürzt, reicht aber am anderen tief in das uns unsichtbare Ultraviolett. Hier erscheint ihnen eine eigene Farbqualität, die wir wohl bei ihnen nachweisen, uns aber doch auf keine Weise anschaulich vorstellen können. Die Unmöglichkeit, über die Sinnesempfindungen der Tiere irgend verläßliche Aussagen zu machen, tritt hier drastisch zutage. Weitere Dressurversuche zeigten, daß auch im Farbsystem der Biene Komplementärfarben vorliegen, die sich im Simultankontrast gegenseitig hervorrufen. Das Farbensehen der Fische ist dem menschlichen ähnlicher als das der Biene. Bei ihnen ließ sich auch das Phänomen des geschlossenen Farbkreises, also eine Ähnlichkeit der an den beiden Enden des Spektrums erscheinenden Farben nachweisen, und die beim Menschen gefundenen Gesetze der Farbenmischung gelten auch für sie. Der Reiz solcher Arbeiten und ihrer Ausdehnung auf neue Objekte hat KÜHN nicht wieder losgelassen, zumal die unterschiedlichen Reaktionsmöglichkeiten der verschiedenen Versuchstiere das Beobachtungsvermögen und die Phantasie immer wieder zur Erfindung neuer Arbeitsmethoden in Anspruch nehmen. Bei seinen wiederholten Aufenthalten in Neapel hat er noch bis vor wenigen Jahren an der Untersuchung des von ihm entdeckten Farbensinnes der Tintenfische gearbeitet. Die heute in lebhafter Entwicklung begriffenen elektrophysiologischen Untersuchungen über die physikalisch-chemischen Prozesse, die bei der Erregung der Sinneszellen auftreten, führen diese grundlegenden Untersuchungen KÜHNs in einer neuen Richtung weiter.

Im Vergleich zu den reizphysiologischen Arbeiten KÜHNs dehnt sich der Sektor, in dem die an die Dissertation anschließenden, noch in Freiburg begonnenen Arbeiten liegen, gewissermaßen in gegenüberliegender Richtung aus. Ein Teil behandelt auch weiterhin Probleme der *Zellenlehre*, sie haben das Studium der Zellkerne in damals noch fast ganz im dunkeln liegende Gebiete vorangetrieben. Die kluge Auswertung spontan auftretender Entwicklungsstörungen bei Amöbenkernen als Naturexperiment ergab das bedeutsame Resultat, daß auch solche Kerntypen, die man damals noch als primitive Vorstufen des komplizierten Kerns der vielzelligen Organismen ansah, sich in Wahrheit grundsätzlich durchaus nicht von ihm unterscheiden, indem auch sie individualisierte Chromosomen führen, die auch in Stadien äußerer Unsichtbarkeit ihre Individualität bewahren, ähnlich wie BOVERI es früher auf ganz anderen Wegen für die Kerne vielzelliger Tiere gezeigt hatte. Außerdem wurden ganz neue Einblicke in die Mechanik der Kernteilung gewonnen.

Aber die mit der Dissertation begonnene Arbeit ließ sich auch noch in anderer Richtung, auf das Gebiet der *Entwicklungsgeschichte*, weiterführen. Bei einem der damals zytologisch untersuchten Krebse fand KÜHN, daß auch hier, aber nur der sorgfältigsten und beharrlichsten Untersuchung erkennbar, der sog. determinative Entwicklungstypus vorliegt, bei dem die Aufteilung der Eizelle in der Furchung nach genau festgelegtem Plan vor sich geht, so daß man, wenn

dieser Plan enthüllt ist, schon für die ersten Teilungsschritte angeben kann, welche Organe des späteren Tieres von den Abkömmlingen der jeweils aus einer Teilung hervorgehenden Zellen gebildet werden. Der Befund ließ sich aus der Sicht der vergleichenden Entwicklungsgeschichte auswerten durch Gegenüberstellung mit anderen bekannten Fällen determinativer Entwicklung, besonders bei Ringelwürmern. Eine solche Betrachtung ist wertvoll für die Aufklärung der Verwandtschaftsverhältnisse zwischen verschiedenen Tiergruppen. Die Betrachtung der Frühzustände der Entwicklung führt hier weiter als die Untersuchung der fertigen Formen, deren Verschiedenheit mit fortschreitender Entwicklung immer mehr zunimmt, so daß die etwa bestehenden Verwandtschaftsbeziehungen immer stärker verdunkelt werden. Ein noch ergiebigeres Feld für vergleichend-entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen bot sich bei den Hydrozoen, einer Gruppe der Nesseltiere, bei der vielfach die einzelne Art in zwei äußerlich sehr verschiedenen, aber generationsweise abwechselnden Bautypen als Polyp und als Meduse auftritt. Die Eier der Medusen entwickeln sich zu Polypen, die sich ihrerseits durch Teilung oder Knospung vermehren und dabei Tierstöcke aus zahlreichen, sich nicht voneinander trennenden Individuen aufbauen, dann aber, gleichfalls durch Knospung, wieder Medusen hervorbringen. Ein solcher Wechsel verschiedener Individualentwicklungen, der nun noch von Art zu Art und von Gruppe zu Gruppe die mannigfachsten Abwandlungen aufweist, bietet natürlich höchst reizvolle stammesgeschichtliche Probleme. Bei einem Aufenthalt in Neapel nach der Promotion und in einer Reihe späterer umfassender Studien hat KÜHN auf diesem Gebiet eine Fülle von neuen Tatsachen ans Licht gebracht und sie für die Stammesgeschichte und das natürliche System der Hydrozoen ausgewertet.

Entwicklungsgeschichte und Stammesgeschichte sind beschreibende, und zwar formbeschreibende Wissenschaften. Die eine beschreibt die wechselnden Formzustände, die die Individuen bis zum fertig ausgebildeten Zustand durchlaufen, die andere zeichnet die in Stammbäumen sich verzweigenden Linien nach, längs deren die verschiedenen organischen Gestalten nacheinander in der Erdgeschichte aufgetreten sind. Die Bilder in den Hydrozoenstudien, wie auch schon in der entwicklungsgeschichtlichen Krebsarbeit, verraten den *Morphologen*, dem das Anschauen und ebensosehr auch das Darstellen der organischen Gestaltungen immer wieder eine eigene Lust ist. Noch mehr verrät er sich in den anfangs der Göttinger Zeit entstandenen beiden Heften der „Morphologie der Tiere in Bildern". Das Werk ist bis heute Fragment geblieben, und wenn wir die erschienenen Stücke betrachten, so fühlen wir, was uns noch fehlt, aber wir ahnen auch, was selbst ein so reich entfaltetes Lebenswerk nicht nur an Kraftaufwand, sondern auch an Verzichten begleitet.

An eine vollständige Durchführung des großangelegten Werkes wäre freilich ohnehin nicht zu denken gewesen, vielleicht waren auch schon die tatsächlich vollendeten Teile mit den einprägsamen Entwicklungszyklen und vor allem den wunderbaren Abbildern von Foraminiferen und Radiolaren wesentlich als Muster gedacht für eine mögliche Darstellungsweise der Morphologie als einer anschaulichen Wissenschaft, wie sie im Vorwort genannt wird. Jedenfalls mußten die formbeschreibenden Arbeiten dem Bedürfnis weichen, die organische Gestalt und ihre Entstehung in Stammes- und Einzelentwicklung nicht nur anzusehen, sondern in ihren Zusammenhängen und ihren Ursachen zu erforschen. Eine solche analysierende Arbeit führt von der Entwicklungsgeschichte zur Entwicklungsphysiologie und von der Stammesgeschichte zur Phylogenetik.

Die *entwicklungsphysiologische Problematik* hatte KÜHN schon immer beschäftigt. Sie war bereits in der Behandlung der mannigfachen Verzweigungssysteme bei den Polypenstöcken angerührt und in der Untersuchung zur Entwicklung der niederen Krebse eingehend diskutiert. Die letzte Amöbenarbeit ist außer auf die Chromosomenfrage ganz auf die Mechanik der Kernteilung abgestellt. Schließlich hatte sie sich auch bei den auf WEISMANNs Wunsch eingeleiteten Versuchen zur Abänderung des Zeichnungsmusters von Schmetterlingen durch Temperaturreize aufgedrängt, tatsächlich gegen die ursprüngliche Absicht. WEISMANN betrachtete die schon aus früheren Versuchen bekannten Veränderungen des Musters, die in solchen Versuchen entstehen, als Atavismen, Rückschläge auf phylogenetische Vorstufen der heutigen Normalformen; ihr entwicklungsphysiologischer Wert, als Hilfsmittel für die Analyse der Musterbildung in der Einzelentwicklung, den KÜHN ausnutzen wollte, leuchtete ihm nicht ein. Es ist wohl nicht unbegreiflich, daß der große Mann, der dem Deszendenzgedanken so lange und so tief nachgegangen war, den Wert der später neu auftauchenden Möglichkeiten in seinem Alter nicht mehr sah. KÜHN empfand die Tragik und legte die schon gewonnenen Ergebnisse schonend beiseite. Erst viel später, in den Göttinger Jahren, hat er sie wieder aufgegriffen.

In dieser Zeit beginnt eine große Gruppe von Arbeiten, die sich wie in einem Netz zusammenhängend über den *ganzen Sektor der Entwicklungserscheinungen* ausbreiten. Die *Entwicklungsphysiologie* stand damals in hoher Blüte, auf der anderen Seite war die *Vererbungslehre* mit der Mendelforschung und der Feststellung der Lokalisation der einzelnen mendelnden Erbanlagen, der Gene, in den Chromosomen sehr weit entwickelt. Schließlich hatte die Systematik sich einem gründlichen Studium der kleinsten Verwandtschaftsgruppen des Organismenreichs zugewandt, die als erste Schritte auf dem Weg der Artbildung und damit auch der weiteren *stammesgeschichtlichen Differenzierung* erscheinen. So waren gewissermaßen drei einzelne Schächte an den drei Hauptecken des Feldes der Entwicklungserscheinungen zum Teil zu bedeutender Tiefe eingebohrt und große Schätze an Erkenntnis gewonnen worden. Aber doch lagen, nur von wenigen wie CORRENS und GOLDSCHMIDT schon damals erkannt, weitere Schätze in den Zwischengebieten. Die Erbanlagen, die dem Keim in der Fortpflanzung übermittelt werden, bilden ja einerseits die Grundlage seiner Entwicklung, andererseits beruht die Stammesentwicklung auf der langsamen Veränderung des Erbgutes. Die Zeit war nun reif, diesen Zusammenhängen nachzugehen, gleichsam Verbindungsstollen in die Zwischengebiete zwischen den Hauptschächten zu treiben, um die Adern zwischen den bisher ausgebeuteten Fundgruben aufzudecken, die das ganze Feld zur Einheit zusammenschließen. Diese Möglichkeit

mußte KÜHN locken. Am meisten reizte ihn die *Verbindung zwischen Erbforschung und Entwicklungsphysiologie*, und die Arbeiten, die nun entstanden, sind wohl alle vorwiegend im Blick auf sie angesetzt, bald an dem einen, bald an dem anderen Pol.

Eine umfangreiche Gruppe von Einzeluntersuchungen an Rassen verschiedener Tiere mit unterschiedlicher Pigmentbildung diente dazu, das Feld nach den günstigsten Ansatzpunkten für eine Analyse der Wirksamkeit einzelner Erbfaktoren abzutasten; jeder in den Erbversuchen neu erfaßte Faktor wurde unter diesem Gesichtspunkt untersucht. Ein sehr glücklicher Ansatz ergab sich bei Faktoren, von denen die Pigmentbildung einerseits im Säugetierhaar, andererseits in der Chitindecke oder im Auge der Insekten abhängt. Am Auge der Mehlmotte wurde zuerst der Nachweis geführt, daß gewisse Erbfaktoren ihre zunächst nur in einzelnen bestimmten Zellen, hier den pigmentführenden Augenzellen, erkennbare Wirkung über eine sehr allgemeine, schließlich in den verschiedensten Zellarten nachweisbare Änderung des Stoffwechsels ausüben. Wenn dabei, so wie es hier der Fall war, die einzelnen Zellen in ihrem Stoffwechsel nicht voneinander isoliert sind, sondern die von den einzelnen Erbfaktoren abhängigen Stoffe austauschen können, so lassen sich auf Grund von Transplantationen und biochemischen Analysen konkrete Aussagen über die Stoffwechselprozesse machen, auf denen ja letzten Endes der Fortgang der Entwicklung beruht. In anderen Laboratorien wurden an anderen Objekten ganz entsprechende Funde gemacht, und so ist hier rasch ein ausgebreiteter, heute in erfreulicher Weiterentwicklung begriffener Zweig der Genphysiologie entstanden. Kreuzungsversuche mit verschieden pigmentierten Rassen einer parasitischen Schlupfwespe, der die später so vielfach untersuchte Mehlmotte zunächst nur als Wirtstier hatte dienen sollen, erbrachten den ersten an einem tierischen Objekt geführten Nachweis, daß neben den chromosomalen Erbfaktoren auch noch andere vorkommen, die im Plasma der Eizelle vererbt werden. Von der Natur solcher Faktoren wissen wir heute noch wenig, vielleicht wird das Studium der ebenfalls an der Pigmentierung der Schlupfwespe festgestellten sog. Prädeterminationen und Dauermodifikationen hier weiterführen, bei denen Wirkungen von Außenfaktoren oder, bei den erstgenannten, auch von Mendelfaktoren auf das Muttertier neben den erst mit der Befruchtung ihre Tätigkeit beginnenden Faktoren die Entwicklung der Nachkommen beeinflussen. Auch hier hat die Analyse am Entwicklungsbeginn eingesetzt. Dagegen konnten die Untersuchungen über die Metamorphosehormone der Insekten, die heute ebenso wie die an den Augenpigmenten bereits in das Stadium erfolgreicher Zusammenarbeit mit der Biochemie überführt sind, nur von den späteren Entwicklungsvorgängen ausgehen, als KÜHN sie mit seiner Schule in der Göttinger Zeit in Angriff nahm. Auch diese Untersuchungen gehören zu den ersten Schritten auf einem Gebiet, das damals fast gleichzeitig in verschiedenen Laboratorien erschlossen wurde. Inzwischen sind auch hier Erbrassen gefunden worden, und der Anschluß an die Genphysiologie ist im Gange.

Man kann nun die Entwicklung auch bei äußerster Vereinfachung nicht nur als Stoffwechsel betrachten, der zur Bildung bestimmter chemischer Verbindungen wie etwa der Pigmente oder der Metamorphosehormone führt. Erst die räumliche Ordnung der dem Keim überlieferten oder von ihm neugebildeten Stoffe läßt einen neuen Organismus entstehen. So hat KÜHN denn neben den einfachen Pigmentierungsmerkmalen vor allem einfache Organmuster entwicklungsphysiologisch und genetisch untersucht. Ein Teil der Arbeiten liegt ganz am entwicklungsphysiologischen Pol des Arbeitsfeldes, wie die Untersuchungen über die Entstehung der Fruchtkörper bei Schleimpilzen aus einem Aggregat ursprünglich gleichartiger und beziehungslos nebeneinanderliegender Zellen. Bei anderen, welche die Organbildung der Insekten wie die Flügeladerung und das Farbmuster der Schmetterlinge betreffen, gehen entwicklungsphysiologische und genetische Untersuchungen Hand in Hand. Die besondere Gunst dieser Merkmale liegt darin, daß sie als flächenhaft ausgebreitete Muster leicht zu übersehen sind, und daß die Versuchstiere erblich bedingte oder experimentell hervorgerufene Defekte an dem vom Gesamtkörper stark abgesetzten Flügel verhältnismäßig gut überstehen. Die Farbmuster stellen buchstäblich wie auch im Sinne ihrer Bedeutung für die Lebenserhaltung ihrer Träger oberflächliche Merkmale dar, aber man kann erwarten, daß die Prinzipien der Musterbildung, die sich hier zeigen, auch bei anderen Entwicklungsvorgängen wirksam sind. Für die Pigmentbildung gilt das entsprechende. Es ist ja ein vielbewährter Grundsatz der Forschung, ein allgemeines Problem zunächst von den einfachsten Fällen her anzugreifen.

Neben den Musterbildungen an vielzelligen Organen wie dem Flügel bieten die Strukturbildungen der Einzelzellen eigene fundamentale Probleme. KÜHN erkannte, daß die Insekten auch für sie günstige Objekte bilden, denn diese kleinwüchsigen Tiere besitzen in Haaren, Borsten, Schuppen und anderen Bildungen sehr mannigfache Organe, die aus nur wenigen einzeln charakteristisch differenzierten Zellen bestehen. Dabei ist eine Bildung wie die Schmetterlingsschuppe, die von einer einzigen, nun freilich verhältnismäßig sehr großen Zelle aufgebaut wird, ein äußerst kunstvolles Produkt. Die Möglichkeiten für eine Entwicklungsphysiologie der Zelle, die sich hier auftun, hat KÜHN mit einer Reihe von Untersuchungen genutzt, die nun wieder teils von der fertigen Form und ihrer Veränderlichkeit durch äußere Eingriffe, teils von der Analyse der Wirkungen einzelner Erbfaktoren ausgingen.

Bei manchen genetischen Analysen von Rassenunterschieden, sowohl bei Säugetieren wie bei Insekten, mußten für die quantitative Auswertung der Kreuzungen besondere statistische Methoden ausgearbeitet werden, weil die verschiedenen Erbtypen in dem untersuchten Merkmal zwar im Mittel verschieden waren, dabei aber so stark variierten, daß es unmöglich war, auch die einzelnen Individuen eindeutig einem von ihnen zuzuordnen. Meist beruhten diese Rassenunterschiede auf einzelnen Mendelfaktoren Heute spricht man in solchen Fällen von *Manifestationsschwankungen* der Erbfaktoren und kann zahlreiche früher unklare Erbgänge, auch bei menschlichen Erbkrankheiten, auf sie zurückführen.

In manchen von KÜHN besonders bei Schmetterlingen gefundenen Fällen liegt demgegenüber die ganze von den verschiedenen Erbtypen gebildete Variationsbreite durchaus im Rahmen des normalen. Durch ge-

naue quantitative Untersuchung der Überlebenswahrscheinlichkeit der einzelnen Typen unter verschiedenen Außenbedingungen konnte er nun zeigen, daß die gegensätzlichen Faktoren in solchen Fällen neben den in der Erbanalyse zuerst erfaßten Verschiedenheiten auch eine unterschiedliche Angepaßtheit ihrer Träger an jeweils verschiedene spezifische Lebensbedingungen mit sich bringen können, die man nach dem äußeren Bild gar nicht vermuten würde. Damit ist aber ein Angriffspunkt für die Selektion gegeben, die je nach den örtlich oder zeitlich wechselnden Außenbedingungen bald den einen, bald den anderen Typus bevorzugen und schließlich auch allein bestehen lassen kann. Diese Untersuchungen bilden eine wenn auch gewiß vorerst noch schmale *Verbindung zwischen Vererbung und Artbildung*. Das Gebiet ist aber inzwischen weiter ausgebaut worden. Auch in der Paläontologie, die ja in Evolutionsfragen ein besonderes Gewicht hat, sind die von KÜHN auf diesem Gebiet gegebenen Anregungen schon frühzeitig fruchtbar geworden.

Es muß vieles zusammenkommen, damit ein solches Werk des geborenen *Forschers* entstehen kann, der reine Erkenntniswille, der nach den Zusammenhängen in der vielgliedrigen Wirklichkeit fragt, und dabei die Ehrfurcht, die ihr keine Gewalt antut, weil sie keine Übereilung und keine Vorurteile zuläßt; die Freiheit des Geistes, die nicht aus zweiter Hand nehmen kann, sondern selbst sehen muß, und dazu das rätselvollste Geheimnis der Begnadung des Geistes, die den Blick für das Wesentliche öffnet; die glückliche Abgestimmtheit von Universalität, die das Ganze will, und Kraft der Konzentration, die vor der Zersplitterung schützt. Wo dies alles sich verbindet mit der Freude an den lebendigen Wesen in der Vielfalt ihrer Gestaltungen und Lebensäußerungen, da erscheint der geborene Biologe, der seine Wissenschaft weiterführt und ihr neue Wege eröffnet. In unserer Zeit ist es ein besonderes Glück, daß KÜHN dabei seinen Kreis so weit schlagen durfte, denn damit konnte er nicht nur im einzelnen so vieles leisten, sondern gerade in dem, was uns heute so besonders nötig ist, im Zusammenschließen unserer auf getrennten Wegen sich immer mehr ausdehnenden Wissenschaft durch neue und darum wieder auf neue Art fruchtbare Verbindungen. Wie er hier außer in der eigenen Forscherarbeit tätig ist, zeigt eine Reihe von zusammenfassenden und programmatischen Aufsätzen und Vorträgen vor den verschiedensten allgemein- und fachwissenschaftlichen Gremien, die für die von ihm selbst immer wieder so gern geübte Zusammenarbeit werben und die möglichen Wege zeigen.

Aber auch über diese den umfassenden Naturforscher kennzeichnende Tätigkeit ist KÜHN noch hinausgegangen. Mit seinen Studien zur *Geschichte der Biologie* trat er gleichsam in eine andere Dimension seiner Wissenschaft. Einem im Goethe-Gedenkjahr 1932 gehaltenen Vortrag über Goethe und die Naturforschung legte er eigene eingehende Studien im Goethe-Schiller-Archiv und im Goethe-Museum in Weimar zugrunde. Später folgte, als Ausdruck seiner engen Verbundenheit mit der zoologischen Station in Neapel, eine umfangreiche Monographie über ihren Begründer ANTON DOHRN und die Zoologie seiner Zeit. Es ist ein Musterstück echt historischer Arbeit, indem der Fortgang der Wissenschaft nicht, wie man es bei Darstellungen aus der Geschichte der Naturwissenschaften oft findet, allein nach der Mehrung des Wissens und der Verbesserung der Theorien betrachtet wird, sondern auch in seinem Zusammenhang mit der allgemeinen geistigen Bewegung der Zeit.

Und schließlich haben wir sein Wirken als Lehrer erfahren dürfen, mit dem er sich nicht nur als Forscher, sondern als ganzer Mensch in seine Zeit gestellt hat. Der Zusammenhang von Forschung und Lehre ist eine tiefe Notwendigkeit, aber er ist darum ja nicht einfach gegeben, sondern eine Aufgabe, für die gerade heute besondere Kräfte eingesetzt werden müssen. Wer es nicht persönlich erfahren hat, kann an der Reihe der *Lehrbücher*, die KÜHN geschaffen hat, ablesen, was er hier geleistet hat. Jedes einzelne dieser Werke ist aus einem Bedürfnis der Zeit entstanden, das KÜHN frühzeitig erkannte und zunächst in seinem unmittelbaren Umkreis durch den eigenen Unterricht befriedigte. Dann ließ er die Gesamtheit der Lehrenden und der Lernenden an dem Ertrag seiner Arbeit teilnehmen.

Als erstes brachten die *Tierphysiologischen Grundversuche* von 1917 eine dringend nötige Ausdehnung des Unterrichts in der Zoologie auf ein hier damals noch kaum gepflegtes Gebiet. Das Material, das geboten werden konnte, entspricht dem damaligen Stand der Dinge. Die Versuche aus der damals auf der Seite der Zoologie noch in der Frühentwicklung begriffenen vergleichenden Physiologie nehmen neben den aus dem vorklinischen Unterricht der Mediziner übernommenen am Menschen und an den gängigen Laboratoriumstieren noch keinen so großen Raum ein, wie es heute möglich ist. In den eigenen Kursen der späteren Jahre hat KÜHN noch lange an der Ausdehnung der Versuche gearbeitet.

Der *Grundriß der Allgemeinen Zoologie*, der von 1922 bis heute 11 Auflagen erlebt hat, entsprang dem gleichen Bedürfnis nach Ergänzung eines zu eng gewordenen Unterrichts, nun in dem viel weiteren Rahmen der Einführung in das Gesamtgebiet der Zoologie. Bei der Begründung des Werkes stand der Unterricht im allgemeinen noch ganz überwiegend im Zeichen einer von dem Metazoenkörper und seiner Entwicklung ausgehenden vergleichenden Morphologie, wie sie hauptsächlich von der Deszendenztheorie her geprägt worden war. Nun wurden die Zellenlehre, die Physiologie, die bisher kaum anders als in zerstreuten Bemerkungen über die Funktion der beschriebenen Organe behandelt worden war, eine allgemeine und zur Entwicklungsphysiologie vertiefte Entwicklungsgeschichte und die von Anfang an als allgemeine Wissenschaft begründete Vererbungslehre als gleichwertige Gebiete neben die Übersicht der Bautypen und die Abstammungslehre gestellt. Die zum Teil so sehr getrennt entwickelten Einzelgebiete nicht zu einem sperrigen Bündel, sondern zu einer Einheit zusammenzufassen, konnte nur demjenigen gelingen, der mit dem eigenen umfassenden Forschungsantrieb den inneren Zusammenhang vor Augen hatte und zugleich sich immer gedrungen fühlte, den Unterricht, wo es sich bot, im Bekannten wie in der Problematik, an die eigene Arbeit anzuknüpfen. Es ist interessant und lehrreich zu verfolgen, wie das Werk sich in der Folge seiner Auflagen immer weiterentwickelt hat, als Dokument für die Entwicklung sowohl der Wissenschaft selbst wie auch des Geistes, in dem sie lebendig ist und der zu ihrem Fortschreiten selber so vielfach bei-

getragen hat. Es ist ein Ausdruck der immer erneuten Konzentration, daß dabei der Umfang in drei Jahrzehnten nicht mehr als um ein Drittel zugenommen hat, obgleich doch nicht nur immer wieder neue Erkenntnisse einzubauen waren, sondern mit der Zeit auch solche Gebiete herangezogen werden sollten, die zunächst entbehrlich schienen, bis der Autor sie selbst so weit durchdrungen hatte, daß er sicher war, auch hier im kleinen Ausschnitt das seinem Zweck Wesentliche zu treffen. Bei dem Kapitel über die Typen der Reizreaktionen, später des Verhaltens der vielzelligen Tiere deutet schon der Wechsel in der Überschrift an, wie die Wissenschaft hier von einer ganz überwiegenden Beschäftigung mit den einfachsten Reflexen fortgeschritten ist, besonders durch die Erfassung der spontanen Reaktionen und ein tieferes Verständnis der Instinkthandlungen. In der Entwicklungsphysiologie bildet in den früheren Auflagen das Zusammenwirken von Kern und Plasma den durchgehenden Leitgedanken, in den auch der Bericht über das damals zwar schon wesentliche, aber im Umfang doch noch sehr beschränkte Wissen über die Organisatorwirkungen eingeknüpft ist. Die Tatsachen, auf die diese Behandlung des Gebietes sich stützen konnte, finden auch weiterhin ihr Recht, aber das Gesamtbild von der Organbildung bei den Vielzellern sprengt allmählich den alten Rahmen, und die Darstellung mündet dann sachgemäßer aus in die Feststellung des Zusammenwirkens von Selbstgliederung und abhängiger Entwicklung beim einzelnen Keim. Ein bedeutender Schritt im Zusammenschluß des Werkes ist die Verbindung der Zytologie mit der Erbkunde, die bei der ersten Anlage, einem anderen Ordnungsprinzip folgend, nach der Entwicklung, am Übergang zur Deszendenztheorie, behandelt worden war. Ein ganz eigener Gewinn ist dann der in der 7. Auflage erscheinende Zusammenschluß der wichtigsten über den klassischen Mendelismus hinausführenden Erkenntnisse der reinen Erbforschung mit den von MENDEL in seinem dritten Grundgesetz der Vererbung erfaßten zu einer erweiterten Neufassung dieses Gesetzes, in der nicht mehr eine freie, sondern allgemeiner eine Neukombination der Erbanlagen ausgesprochen wird. Damit ist nicht nur die Darstellung der Vererbungserscheinungen weiter als bisher vereinheitlicht, sondern die Entdeckung MENDELs erhält auch überhaupt erst ihre volle Würdigung durch ihre Kennzeichnung als Grenzfall einer allgemeineren Gesetzlichkeit, in der der gemeinsame biologische Sinn des ganzen Komplexes von Erscheinungen sogleich hervortritt. Neben diesen grundsätzlichen Fortschritten findet der vergleichende Betrachter immer wieder einzelne Ergänzungen, die dem besonderen Interesse der verschiedenartigen Benutzer entgegenkommen, des Mediziners, des Zahnmediziners, des Landwirtes, des Psychologen, oft auch nur mit wenigen Worten erzielte Bereicherungen des allgemeinen Bildes des tierischen Lebens. Die schematischen Zeichnungen nähern sich ohne Einbuße an Übersichtlichkeit dem lebendigen Bild, und die innere Geschlossenheit des Organismus tritt im großen wie im kleinen immer deutlicher hervor. Ein einziges Wort kann hier die Schattierung ändern, so wenn es heißt, daß typenverwandte Formen ähnliche Teile in übereinstimmender Anordnung enthalten, wo früher stand, daß sie aus solchen Teilen bestehen.

Neben den Grundriß der allgemeinen Zoologie hat KÜHN später, mit der 1932 erschienenen völligen Neubearbeitung des Allgemeinen Teils des CLAUS-GROBBEN, noch ein eigenes *Lehrbuch* gestellt. Wie in allen Realwissenschaften erhebt sich ja auch in der Biologie bei dem Entwurf einer Gesamtdarstellung immer wieder die schwierige Frage, wie das Einmalige und das Gesetzmäßige im Stoff und dann wieder die verschiedenen Formen der Gesetzmäßigkeiten zueinander geordnet werden sollen. In seinem Grundriß hatte KÜHN eine Besprechung der Baupläne in knappster Form der Behandlung der verschiedenen Arten von Lebenserscheinungen vorangestellt. Hier in dem Lehrbuch war die eingehende Darstellung der einzelnen Tierstämme in einem dem Umfang nach vorherrschenden speziellen Teil von dem übrigen im Allgemeinen Teil zusammengefaßten Stoff abgetrennt. Dieser Teil hatte wohl bis zu seiner letzten Bearbeitung im Jahr 1917 wiederholte Ergänzungen erfahren, dabei aber in der Grundauffassung noch ganz den ursprünglichen und jedenfalls in den 30er Jahren nicht mehr angemessenen Charakter behalten. KÜHN gab ihm nun eine ganz neue, dabei auch gegenüber dem Grundriß veränderte Gestalt. Der Reihe der Fachgebiete, die je nach dem Gegenstand und dem Stand unseres Wissens beschreibend, vergleichend und analysierend dargestellt wurden, schickte er nämlich einen umfangreichen, sehr originell zusammengestellten Abschnitt über die Grundbedingungen des tierischen Lebens voraus, in dem alles Allgemein-Gesetzmäßige an den Lebenserscheinungen herausgearbeitet war, zunächst ihre Bindung an bestimmte chemische und physikalische Eigenschaften der Organismen, an den Bestand von Zellen, den Ablauf von Stoff- und Energiewechsel und den Lebensablauf der Individuen, dann ihre Abhängigkeit von bestimmten Umweltbedingungen. Damit waren die Grundlagen für die Auseinandersetzung der Organismen mit ihrer Umwelt behandelt, und so schloß sich folgerecht die Betrachtung der Reizbarkeit und der Modifikabilität an, in denen, als in zwei den Bestand des Lebens in seiner Umwelt sichernden Grundeigenschaften der Organismen, eine eigene fundamentale Gesetzmäßigkeit des organischen Lebens zum Ausdruck kommt. Zuletzt ließ er die Grunderscheinungen der Sexualität und der Vererbung folgen. So war dem Fortgeschrittenen, für den ja ein Lehrbuch im Unterschied zu einem Grundriß bestimmt ist, gewissermaßen eine allgemeinste Biologie in zoologischer Sicht geboten, an die sich nun erst die eingehendere Darstellung der Einzelgebiete anschloß.

Auch in seinem *Grundriß der Vererbungslehre*, der von 1934 bis 1950 bisher 3 Auflagen erlebte, hat KÜHN, sobald die Zeit dafür reif war, eine ganz neuartige Einheit innerhalb der biologischen Wissenschaft geschaffen. Neben der Modifikabilität und den Gesetzmäßigkeiten der Anlagenübertragung mit ihrer Erklärung durch die Keimzellenlehre behandelte er als gleichwertige Gebiete die Veränderungen des Erbgutes, die Wirkungsweise der Erbfaktoren und die allgemeine Phylogenetik. Eine solche Ordnung sehr verschiedener Lebenserscheinungen nach ihrem Zusammenhang mit dem Grundphänomen der Vererbung war wieder eine Aufgabe, die nur aus einer umfassenden Sicht heraus zu lösen war. Und auch hier wurden bisher noch nicht so gesehene Zusammenhänge deutlich. Besonders erhellend ist es, wie in der 2. Auflage

die biologische Bedeutung der Modifikabilität neu gefaßt wird, als Grundlage nicht nur für die Entwicklung der Anpassungen der Individuen als ganzer an ihre Lebenslage oder ihre sozialen Funktionen, sondern viel allgemeiner für die Reaktionen auch der Einzelzellen auf Entwicklungsreize, in denen sich der Ablauf der Entwicklung überhaupt vollzieht.

Das Besondere in der Betrachtungsweise der Lebenserscheinungen, das hier zum Ausdruck kommt, liegt wohl darin, daß immer ihr Charakter als Reaktion und dabei das Anpassungsgemäße in der Reaktion mitgesehen wird, Dinge, die man nur zu leicht über dem Bemühen, einzelnes scharf zu sehen, immer wieder aus dem Auge verliert. In den *Vorlesungen über Entwicklungsphysiologie*, der jüngsten, aber seit Jahrzehnten herangereiften Frucht der Arbeit KÜHNS, ist die Rücksicht auf diesen besonderen Charakter des Lebens, der ja recht eigentlich seine Sonderstellung in der Natur ausmacht, überall gegenwärtig. Sie gibt gleich der einleitenden Aufstellung von 6 Grundfragen der Entwicklungsphysiologie das Gepräge und kommt in allen Einzelgebieten der weit vor dem Leser ausgebreiteten Wissenschaft zum Ausdruck. Im ganzen darf man wohl sagen, daß das Buch in einer wahrhaft idealen Weise die Verbindung von Forschung und Lehre verwirklicht. An vielen Punkten findet man eigene Forschungsarbeit KÜHNS in den Zusammenhang der Gesamtwissenschaft eingeordnet, aber vor allem ist die Schaffung dieses Zusammenhangs in dem ganzen Bereich der vielfältigen an Einzellern, Pflanzen und Tieren gewonnenen Ergebnisse, oft durch eine ganz neuartige Auswertung der Befunde anderer Forscher, selber zunächst eine hohe und originale Forscherleistung, die sicher auch in der weiteren Entwicklung unserer Wissenschaft fruchtbar werden wird. Und ebenso wird sich zeigen, was für die Lehre in der Biologie gewonnen ist, die den Anstoß für die Entstehung des Buches gegeben hat.

So können wir uns freuen, wie unmittelbar Forschung und Lehre ineinander übergehen können und wie sie vereinigt in unserer Mitte lebendig sind.

Zoologisches Institut der Universität, Göttingen.

Eingegangen am 4. April 1955.

Die Wirkung der Gene auf biochemische Vorgänge bei höheren Pflanzen.

Von CORNELIA HARTE, Köln.

A. Einleitung.

Die Bedeutung, die der Genphysiologie heute zukommt, zeigt bereits die Lage und die Entwicklung der Genetik an. Die Feststellung, daß es vererbbare Merkmalsanlagen, die Gene, gibt, die Regeln, nach denen diese von einer Generation an die folgende weitergegeben werden, die Lokalisation dieser Anlagen in der Zelle und die Kenntnis ihrer Veränderlichkeit gehören heute zum festen Bestand der Genetik. Von diesen bald klassischen Gebieten, der Vererbungslehre, der Zytogenetik und der Mutationsforschung aus, ergibt sich als beinahe selbstverständliche Weiterführung der Forschung die Forderung, zu untersuchen, welche Reaktionen im Organismus ablaufen zwischen dem Gen und dem phänotypisch feststellbaren Merkmal. Wenn also die Frage nach der Wirkung der Gene gestellt wird, so wird das Vorhandensein von Erbfaktoren, die auf den Chromosomen lokalisiert sind, als gegeben hingenommen. Auch das Problem der Natur dieser Gene, ihrer physikalischen und chemischen Struktur ist unter dem hier betrachteten Gesichtspunkt erst von sekundärer Bedeutung. Es ist vielmehr zu untersuchen, welcher Einfluß von bestimmten Stellen der Chromosomen auf die Entwicklung des Organismus ausgeübt wird. Hierbei handelt es sich um mehrere Teilfragen, nämlich:

1. Auf welche Eigenschaften können die Gene einen Einfluß ausüben; was kann man als das Endergebnis ihrer Wirkung feststellen?

2. Wie kommt es zu dieser Merkmalsausbildung, welche Reaktionen laufen im Organismus ab zwischen Gen und den am ausgewachsenen Individuum feststellbaren Merkmalen?

3. Kann diese Reaktionskette durch andere Einwirkungen als diejenigen, die vom Gen selber ausgehen, beeinflußt werden?

Diese Fragen lassen sich nicht auf einmal lösen, und es muß daher versucht werden, in mehreren Untersuchungsschritten zu einer Antwort zu gelangen.

Die Verhältnisse bei Tieren und Pilzen sind fast allgemein bekannt, aber auch von anderer Seite liegen heute bereits nur wenig beachtete, aber so ausgedehnte experimentelle Beobachtungen vor, daß es unmöglich ist, alle einschlägigen Arbeiten auch nur zu nennen. Im folgenden soll daher die Betrachtung auf höhere Pflanzen eingeschränkt werden. Hier ist ein Material gegeben, das mit einheitlichen Methoden untersucht werden kann. Je nach der Frage, die gelöst werden soll, kann somit ein besonders geeignetes Objekt ausgesucht werden, ohne daß die Gefahr besteht, nicht direkt vergleichbare Befunde zueinander in Beziehung setzen zu müssen.

Die höheren Pflanzen sind Diplonten, d.h. Organismen, die in ihrer vegetativen Entwicklungsphase in den Zellkernen zwei Chromosomensätze enthalten. Die Komplikationen, mit denen bei Polyploiden gerechnet werden muß, sollen außer Betracht bleiben. Jedes Chromosom und damit auch jedes in ihm enthaltene Gen ist also doppelt vorhanden. Dies ist für die Untersuchung der Genwirkung von Bedeutung.

B. Die Untersuchungsergebnisse.

I. Das Endergebnis der Genwirkung.

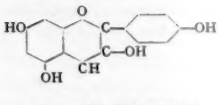
a) Qualitativer Vergleich der Wirkung verschiedener Allele. Die Untersuchung muß beginnen mit der Feststellung, was die Gene am Organismus bewirken können. Dabei tritt eine besondere Schwierigkeit auf: Ein Gen ist in seiner Eigenschaft als Teil eines Chromosoms immer nur als Bestandteil eines Zellkerns vorhanden. Wir können nur die Summe dessen erfassen, was alle Gene, die in den Zellkernen des betreffenden Organismus enthalten sind, zusammen bewirken; der Anteil eines einzelnen Gens ist dabei nicht zu bestimmen. Dieses Wirkungssystem, das alle Gene zusammen bilden, kann aber in einzelnen Punkten verändert werden. Solche Veränderungen kommen dadurch zustande, daß ein Gen in mehreren Modifikationen, in mehreren Allelen, auftreten kann. Wenn in zwei Individuen bei sonst gleicher genetischer Konstitution

einmal das eine, im anderen Fall ein anderes Allel eines Gens vorhanden ist, dann zeigt das so veränderte System eine veränderte Gesamtwirkung, und aus der Differenz der Ergebnisse kann auf den spezifischen Anteil des untersuchten Gens geschlossen werden. Es ergibt sich daraus die Feststellung, auf welche Eigenschaft das Gen einwirkt.

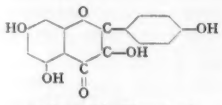
Durch das häufige Vorkommen von Allelen ergibt sich als erstes, daß die im Zellkern lokalisierten Erbanlagen auf alle Eigenschaften des Organismus Einfluß haben. Die bei den verschiedenen Objekten gefundenen Gene und die Wirkung ihrer Allele auf die Merkmale der Pflanzen sind in einer Reihe von Monographien und Sammelreferaten zusammengestellt, so daß sich eine Aufzählung im einzelnen erübrigt. (Unter anderem: *Antirrhinum* [*29*], [*49*], [*50*], [*63*], *Avena* [*15*], *Gossypium* [*22*], *Hordeum* [*54*], *Linum* [*65*], [*66*], *Medicago* [*2*], *Oenothera* [*46*], [*23*], *Zea Mays* [*16*], [*69*], *Blütenfarben* [*51*], [*5*], [*38*].) Bei Pflanzen finden sich Differenzen in bezug auf die Größe (Hoch- und Zwergwuchs), Blattform (breite oder schmale Blätter) und die Ausgestaltung der Blüte. Beeinflußt wird also die gesamte Gestalt der Pflanzen. In diesen Fällen kann zwar das Endergebnis der Genwirkung festgestellt werden, oft auch die Differenz in der Entwicklungsgeschichte zwischen den Pflanzen, die verschiedene Allele enthalten, aber der Zusammenhang mit dem wirkenden Gen ist bisher nicht näher zu analysieren. Weiter ist aber ein Einfluß der Gene festzustellen auf viele Eigenschaften, wie Färbung von Blüten und Früchten oder die Bildung von Reservestoffen im Samen, bei denen die morphologischen Unterschiede direkt auf physiologische Differenzen zurückgeführt werden können. Bei den Blütenfarben können durch ein Gen bedingte Unterschiede festgestellt werden von der Art wie gefärbt/ungefärbt, dunkel/hell gefärbt, rot/blau, die sich erklären durch das Vorhandensein oder Fehlen von Farbstoffen, durch verschiedene Menge des Farbstoffes oder Unterschiede im chemischen Aufbau der Farbstoffmolekel, wodurch ein verschiedener Farbton erreicht wird.

Die Ausbildung der Blütenfarben unter dem Einfluß der Gene soll im folgenden einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Zu den wichtigsten Farbstoffen gehören die Anthocyane, die in den Farbtönen rot, blau, purpur, violett vorkommen.

Es sind im Zellsaft gelöste Glucoside, deren Molekelbau sich auf eine gemeinsame Grundformel zurückführen läßt. Sie werden unterteilt in drei Hauptgruppen: *Pelargonidin*, *Cyanidin* und *Delphinidin*, mit einer, zwei bzw. drei OH-Gruppen am Phenylring. Chemische Variationsmöglichkeiten sind gegeben durch Methylierung von einer oder mehreren OH-Gruppen, Anfügung von Zuckerresten in 5- oder 3-Stellung und von organischen Säuren. Die Zucker können Mono- und Disaccharide sein wie Glucose, Galaktose u. a. Neben den Anthocyanen sind immer die chemisch sehr ähnlichen gelben Anthoxanthine (Flavone und Flavonole) vorhanden (Formeln nach [*19*]).



Anthocyanidin (Pelargonidin)

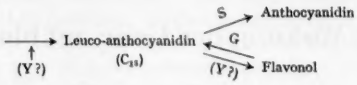


Anthoxanthin (Kampferol)

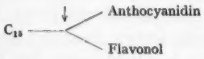
Die Farbstoffe beider Gruppen entstehen aus einer gemeinsamen Vorstufe, einem nicht näher bekannten Stoff, der aber bereits das Gerüst mit 15 C-Atomen enthält.

Bei Petunia sind die Bildung von Anthocyan und die von Anthoxanthin so miteinander verbunden, daß zunächst ein Flavonol entsteht. Dieses wird in eine farblose Verbindung umgewandelt, die ihrerseits wieder zu Anthocyan umgeformt wird [*62*]. Der Unterschied zwischen anthocyanhaltigen und anthocyanfreien Pflanzen wird im untersuchten Material durch ein Gen bestimmt, das anscheinend die Rückbildung des gelben Farbstoffes kontrolliert. Bei der Baumwolle, *Gossypium* [*58*], [*59*], und der Composite *Rudbeckia* [*60*] geht die Bildung der roten Farbstoffe auf dem gleichen Weg vor sich, und es ist nachgewiesen, daß für die Umwandlung, die sich in zwei Schritten vollzieht, auch zwei Gene notwendig sind: eines für die Bildung der Leucobase (G) und ein anderes für die weitere Reduktion zu Anthocyan (S). Die Anthoxanthine entstehen ihrerseits durch die Wirkung eines anderen Gens Y aus einer farblosen Vorstufe, die nach den Befunden an *Gossypium* mit dem Leucoanthocyanin identisch ist [*59*]. Bei *Petunia* und in den meisten Fällen bei *Gossypium* geht die Farbstoffbildung demnach so vor sich, daß zuerst die Leucoverbindung aufgebaut wird, aus der dann Anthoxanthin entsteht, das wieder zur Ausgangssubstanz zurückverwandelt wird, und daß erst dann aus dieser die roten Farbstoffe gebildet werden. Bei *Gossypium* kann jedoch auch, z. B. bei der Färbung des Petalenrandes, der Umweg über ein Anthoxanthin ausbleiben und das Anthocyan direkt entstehen [*58*].

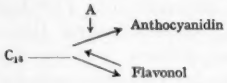
Die Bildung des Anthoxanthins wird von dem genannten Gen Y gesteuert (y = weiße Blüten), das entweder die Bildung der Leucosubstanz oder ihre Umwandlung in Flavon bewerkstelligt. Bei *Gossypium* sind demnach an der Bildung des Grundgerüsts der Farbstoffe drei Gene beteiligt, und der Vergleich mit *Petunia* und *Rudbeckia* erlaubt den Schluß, daß bei diesen Pflanzen dieselben Verhältnisse vorliegen, wenn auch von den drei Genen erst bei einem bzw. zwei die wirkungslosen Allele bekannt sind. Der Weg dieser Umbildungen läßt sich schematisch darstellen am Beispiel von *Gossypium*:



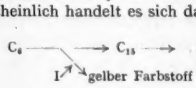
Bei der Platterbse, *Lathyrus odoratus* [*3*], findet sich ein Gen, von dem ein Allel die Anthocyanbildung hemmt. Es steht dann von der Grundsubstanz, die nur in begrenzter Menge gebildet wird, mehr für die Flavonbildung zur Verfügung, und entsprechend findet man auch bei Homozygotie in diesem Allel neben Erniedrigung des Anthocyangehalts einen Anstieg der Flavonmenge in den Blütenblättern, während das andere Allel des gleichen Gens einen hohen Anthocyangehalt und geringere Mengen von Flavonen bedingt. Die Stelle der Einwirkung dieses Gens läßt sich im Schema folgendermaßen darstellen:



Der Nelke, *Dianthus caryophyllus* [*19*], fehlen die Anthocyane in den farblosen Blüten, die an Pflanzen der genetischen Konstitution aa gebildet werden. Flavonole sind aber immer vorhanden, d.h., daß das Allel A für die Umwandlung der Grundsubstanz, einer Molekel mit 15 C-Atomen, in Anthocyane notwendig ist, daß aber diese Grundsubstanz ohne Mitwirkung von A gebildet werden kann, denn sonst könnten keine Flavonole entstehen. Ihre Menge wird aber in aa-Pflanzen nicht vermehrt, also ist zur Zeit der Einwirkung von A der Synthesegang bereits getrennt. Wahrscheinlich geht hier die Anthocyansynthese über den gleichen Umweg wie bei *Gossypium*, *Petunia* und *Rudbeckia*, und das Gen A kontrolliert die Umwandlung der rückgebildeten Leucosubstanz zu Anthocyan.



Wenn A vorhanden ist, haben die Pflanzen der Konstitution II dunkelgefärbte Blüten, bei ii wird nur sehr wenig Anthocyan gebildet, dagegen entstehen große Mengen eines gelben Farbstoffes, der kein Flavon ist. In allen Blüten beginnt zunächst ein Prozeß, durch den aus einer Vorstufe der gelbe Farbstoff entsteht, bei Anwesenheit von I wird dieser Prozeß abgestoppt, so daß für einen anderen, ebenfalls immer vor sich gehenden Prozeß, nämlich die Bildung des Anthocyan- und Flavongerüsts, mehr Rohstoff zur Verfügung steht und die Blüten durch die größere Anthocyanmenge dunkelrot gefärbt werden. Diese Vorstufe stellt ein früheres Stadium der Bildung dar als das den Anthocyanen und Flavonen gemeinsame Grundgerüst; wahrscheinlich handelt es sich dabei um eine C_6-Verbindung.



Das Gen I-i steuert die Vorgänge so, daß einmal die Synthese des C_{15}-Gerüstes, das andere Mal die des gelben Farbstoffes überwiegt. Der Prozeß der Bildung des gelben Farbstoffes wird durch i nur wenig gehemmt, durch I dagegen sehr stark. Beide Allele tun das gleiche, nur in verschiedenem Maße. Das Endergebnis ist eine völlig verschiedene Färbung der Blüten. Ein scheinbar qualitativer Unterschied, das Vorkommen ganz verschiedener Farbstoffe, läßt sich somit hier auf eine quantitative Differenz in der Wirkung beider Allele zurückführen. Für andere Gene liegen die Verhältnisse ebenso, und damit ergibt sich aus dem ersten Untersuchungsschritt die Schlußfolgerung:

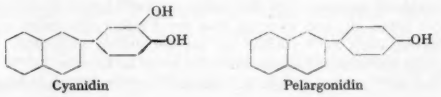
Der Vergleich von Pflanzen, die sich nur in den Allelen eines Gens unterscheiden, zeigt eine Einwirkung der Gene auf den Stoffwechsel der Pflanzen in der Weise, daß unter ihrem Einfluß bestimmte Mengen eines für den Aufbau notwendigen Stoffes zur Verfügung gestellt werden und die Pflanzen auf Veränderungen dieser Menge mit anderer Ausbildung des betreffenden Merkmals antworten. Differenzen des Phänotyps, die unter dem Einfluß verschiedener Allele entstehen, lassen sich durch verschieden starke Wirkung der einzelnen Allele erklären.

b) Vergleich der Wirkungsstärke der Allele in Heterozygoten. 1. Problemstellung. Bisher wurden die Pflanzen im homozygoten Zustand geprüft. Als nächstes ergibt sich die Forderung, die festgestellten Differenzen in der Wirkungsstärke der Allele genauer zu vergleichen, als dies in den Homozygoten geschehen kann, nämlich indem zwei verschiedene Allele in einem Individuum vereinigt werden. Dieses im zweiten Schritt der Untersuchung interessierende Problem betrifft das Zusammenwirken der Allele in den Heterozygoten, dessen Endergebnis der Phänotyp der Bastarde ist. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die Wirkung eines Allels kann so weit überwiegen, daß phänotypisch der gleiche Effekt wie in der entsprechenden Homozygoten erreicht wird. Die Eigenschaft, die sich auch am Bastard ausprägt, heißt dominant über die entsprechende Eigenschaft des anderen Elters, die als rezessiv bezeichnet wird.

Die Begriffe dominant und rezessiv, die sich zunächst nur auf die Eigenschaften beziehen, können aber übertragen werden auf die Allele, deren Anwesenheit für die Ausbildung der betreffenden Eigenschaft notwendig ist. Als Dominanz wird also dann die Erscheinung bezeichnet, wenn die Wirkung eines Allels so stark ist, daß die Anwesenheit eines anderen Allels desselben Gens in einer Heterozygoten phänotypisch nicht zum Ausdruck kommt. Das unterdrückte Allel, das infolge der Anwesenheit des anderen auf die Merkmalsausbildung keinen Einfluß hat, heißt dann rezessiv.

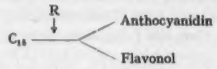
2. Vorliegende Beobachtungen. α) Dominanz bei zwei Allelen. Für das Verhältnis der Allele im Bastard gibt es eine ganze Reihe von Möglichkeiten. Vollständige Dominanz eines Allels findet sich meist bei den Genen, die auf die Färbung einwirken, und allgemein läßt sich dabei feststellen, daß Farbstoffbildung dominant ist über Fehlen des Farbstoffes [*51*].

Auch bei den Genen, die als Modifikatoren auf die Farbstoffe einwirken, lassen sich für die Dominanz Gesetzmäßigkeiten finden. Bei *Dianthus* [*19*] kommt in den Blüten der Konstitution RR Cyanidin, in denen mit rr dagegen Pelargonidin vor. Beide Anthocyane unterscheiden sich in der Oxydationsstufe.



Cyanidin Pelargonidin

Die Flavone der Blüten werden in gleicher Weise verändert, so daß R einwirken muß an einer Stelle, an der die Bildung beider Farbstoffe noch nicht getrennt, das C_{15}-Gerüst aber bereits vorhanden ist.



Verschiedene Gene, die auf die Anthocyanbildung einwirken, verursachen, wie bereits erwähnt, eine Oxydierung oder Methylierung der Grundformel, Anhängung von Zuckergruppen und andere Veränderungen. Dabei zeigt sich, daß ein Allel, das die stärkere Oxydierung bewirkt, dominiert über die geringere Oxydation. Ebenso ist stärker methyliert dominant über nicht-methyliert; Anfügung eines zweiten Zuckers dominiert über Monosaccharid. Allgemein läßt sich also sagen: der komplizierte chemische Aufbau dominiert über den einfacheren Bau der Farbstoffmolekel.

Ein Gen bewirkt meist nur Oxydation oder Methylierung an einer bestimmten Stelle, also nicht allgemein. Nur ganz wenige Gene können an zwei Stellen gleichzeitig eine Veränderung bewirken. Alle diese Farbstoffe werden im Farbton variiert durch das p_H des Zellsaftes, das ebenfalls durch Gene gesteuert wird. Dabei dominiert stärker saure über schwach saure Reaktion [*51*], [*3*], [*4*], [*19*], [*38*]. Bei vielen Pflanzen wurde die Konstitution der Anthocyane bei Mutanten für die Blütenfarben untersucht, wobei sich überall die gleichen Verhältnisse ergaben. Da die genannten Veränderungen immer eine Intensivierung der Färbung bewirken, ist damit dunkler gefärbt dominant über hell.

Die vollständige Dominanz, bei der sich die Heterozygote in keiner Weise von der einen Elternform unterscheidet, und die sich bei den Genen der Anthocyansynthese findet, wird oft als „Normalfall" hingestellt; bei genauerer Betrachtung zeigt sich aber, daß die Heterozygoten sehr oft durch kleine Differenzen von der Homozygoten unterschieden sind, so daß geübte Beobachter beide Formen mit Sicherheit auseinanderhalten können.

Als Beispiel sei neben dem klassischen Fall der Blütenfarbe von *Mirabilis jalapa* (japanische Wunderblume) [*11*] das Gen *Unicolor* von *Antirrhinum* (Löwenmaul) genannt. Das Allel Uni bedingt verwaschen rote Blüten, $+^{Uni}$ dagegen kräftige Farben [*29*]. Die Heterozygoten $+^{Uni}$/Uni sehen der Homozygoten Uni/Uni sehr ähnlich, sind aber durch die etwas weniger verwaschene Färbung doch zu erkennen. Von diesen Fällen bis zu anderen, bei denen die Heterozygoten in der Merkmalsausbildung genau in der Mitte zwischen beiden Elternformen stehen, sind alle Übergänge vorhanden. Vollständige Dominanz eines Allels kann also als Grenzfall einer intermediären Wirkung angesehen werden. Diese intermediäre Ausbildung der Bastarde kann in verschiedener Weise zustande kommen. Häufig sind Fälle, in denen die Dominanz nur eine scheinbare ist und ein Wechsel der Untersuchungsmethode das intermediäre Verhalten aufzeigen kann. Bei *Hyoscyamus niger* (Bilsenkraut) gibt es eine Form mit violett geaderten Blumenblättern und eine mit rein gelben Blüten ohne Anthocyan. Der Bastard zeigt äußerlich vollständige Dominanz von gefärbt, aber die Bestimmung der Farbstoffmenge, die sich in den Blütenblättern befindet, ergibt genau die Hälfte gegenüber der homozygoten Form [*12*]. Der Bastard ist also intermediär zwischen den Elternformen, aber die gebildete Farbstoffmenge reicht aus, um eine vollständige, dunkle Färbung hervorzurufen, und durch ihre Verdoppelung in der homozygotanthocyanhaltigen Form können für das menschliche Auge keine sichtbaren Veränderungen mehr hervorgebracht werden.

β) Dominanz in Reihen multipler Allele. Multiple Allele können meist nach den Abstufungen ihrer Wirkung in den Homozygoten in einer Reihe angeordnet werden. In einem Bastard können immer nur zwei Allele vereinigt werden. Für die Dominanz innerhalb einer solchen Reihe sind sämtliche nur denkbaren Variationsmöglichkeiten auch irgendwo verwirklicht [*61*], [*20*].

Jedes Glied kann dominant über alle folgenden, rezessiv gegenüber den vorhergehenden sein. Dieser Fall ist verwirklicht in der

R-Reihe von *Lathyrus* mit den drei Allelen rot>gefleckt>weiß oder der *Pal*-Reihe von *Antirrhinum* mit neun Allelen in der Reihe, die eine Farbabstufung der Blüte bewirken und bei denen die Dominanz fällt in der Richtung rot>elfenbein>gestreift [29]. Häufiger ist aber der Fall, daß das erste Glied der Reihe, das Allel der Wildform, dominant ist über alle folgenden, diese sich bei Kombination untereinander aber intermediär verhalten. Etwas abweichend verhält sich bei *Oenothera* die *str*-Serie *(striata)*, die die Knospenstreifung betrifft. Das Allel $+^{str}$, grüne Knospen, ist mit dem am stärksten wirksamen Allel für rotgestreifte Knospen str_v intermediär, dominiert aber für alle anderen Allele der Reihe. Die verschiedenen Streifungs-Allele sind auch hier unter sich intermediär. Die gleiche Beobachtung wurde bei *Oenothera* auch in der *tub*-Serie *(tubocolorata)*, die auf die Färbung des Hypanthiums einwirkt, gemacht, wo ebenfalls das phänotypisch in der Homozygoten am stärksten wirksame Allel gegen grünes Hypanthium intermediär ist, während alle anderen sich rezessiv verhalten [23].

γ) Dominanz bei verschiedener Quantität der Allele in polyploiden Geweben. Um das Dominanzverhalten in Polyploiden zu zeigen, soll nur ein Beispiel von Mais aus der großen, schon vorliegenden Literatur herangezogen werden. Das Endosperm ist bekanntlich ein triploides Gewebe, das aus der Befruchtung des Polkernes im Embryosack durch den zweiten Pollenschlauchkern hervorgeht. Es enthält also immer zwei Allele aus der Mutterpflanze und eines aus der Vaterpflanze. Für die Färbung des Endosperms ist Farbstoffbildung (gelb Y) dominant über weiß (y), wenn doppelt vorhanden, dagegen ist die Anwesenheit von Y kaum festzustellen, wenn ihm zwei yy gegenüberstehen (YYY = gelb, YYy = etwas heller gelb, Yyy = fast weiß, yyy = weiß) [13]. Bei anderen Genen kann bereits ein dominantes Allel gegenüber zwei Rezessiven die vollständige Wirkung entfalten, so daß die Körner mit einem, zwei oder drei dominanten Allelen nicht zu unterscheiden sind (verschiedene Fälle bei [16], [47]).

Aus den Befunden über die Dominanz kann nur der Schluß gezogen werden, daß in einigen Fällen in der Heterozygoten bereits ein Allel ebenso viel leisten kann wie zwei in der Homozygoten, während in anderen Genen für die ganze Leistung zwei Allele notwendig sind und eines nur einen Teil der Wirkung zeigen kann.

δ) Dominanz bei Pleiotropie. Schwer erklärlich ist hierbei das Dominanz-Verhalten bei Pleiotropie des Gens, d.h. in dem Fall, daß mehrere Eigenschaften vom gleichen Gen beeinflußt werden, besonders wenn multiple Allele eine pleiotrope Wirkung haben. Ein solcher Fall liegt bei der R-Serie von *Zea Mays* vor [57], [17], [18], [56]. Die Allele wirken auf die Färbung von Aleuron[1]), Stengel, Blattnerven, Antheren[2]) und Perikarp[3]). Jedes Allel bewirkt eine bestimmte Farbtiefe an diesen Teilen, jedoch nicht überall gleich. Immer ist die dunklere Färbung dominant über die hellere. Wenn also ein Allel, das dunkles Aleuron und helle vegetative Teile bedingt, zusammentrifft mit einem anderen, das helles Aleuron und dunklere Stengel verursacht, ist für die Färbung des Aleurons das erste, für die vegetativen Teile das andere Allel dominant. Entsprechendes gilt für die A-Serie beim Mais [32] und für die Allelenserie, die bei *Gossypium* auf die Anthocyanverteilung in Sproß und Blüte einwirkt [53]. Die Erklärung ergibt sich daraus, daß es sich hier, ebenso wie in andern Fällen von komplementärer Wirkung zweier Allele, um Pseudoallelie handelt [43]. Es liegen hier jeweils mehrere sehr eng gekoppelte Loci vor, die durch die Seltenheit des crossing-over im Kreuzungsversuch als Allele erscheinen. Damit sind aber die Dominanzverhältnisse erklärt, da hier, wie bei allen anderen Genen, die Farbstoffbildung über den Ausfall der biochemischen Prozesse dominiert.

c) Vergleich der Entwicklungsgeschichte der Homozygoten und Heterozygoten. Aus diesen Befunden über die Dominanz lassen sich nicht ohne weiteres Schlüsse ziehen. Dazu ist als Ergänzung ein dritter Untersuchungsschritt notwendig. Die genotypisch verschiedenen Pflanzen weisen phänotypisch Unterschiede auf, die irgendwann im Laufe der Ausbildung der Organe auftreten müssen. Als nächstes ist also die Entwicklungsgeschichte der verschiedenen Formen zu vergleichen. Die Differenz im Zeitpunkt des Auftretens einer Eigenschaft bei Anwesenheit verschiedener Allelenkombinationen läßt sich bei *Nicotiana tabacum* feststellen.

Es gibt eine Mutante, die das Entstehen von Auswüchsen an den Blättern verursacht [24]. Die ersten Blätter einer solchen Pflanze sind normal, aber bald entstehen an den neu gebildeten Blättern an den Rändern die charakteristischen Auswüchse. Die Heterozygote zeigt längere Zeit hindurch ein normales Wachstum, aber etwa gegen Mitte der Wachstumsperiode treten die abweichenden Blätter zum ersten Male auf. Wenn „normale" Pflanzen am Blühen verhindert werden, so daß sie länger als gewöhnlich vegetativ wachsen, bekommen auch sie an den letzten Blättern die gleichen Anomalien. Normalerweise beenden diese Pflanzen aber ihre Blattbildung lange vorher durch den Übergang zur Blütenbildung, so daß sie scheinbar das Merkmal nicht ausbilden können. In allen drei Typen, den homozygot-Abweichenden, den Heterozygoten und homozygot-Normalen, wird die gleiche Anomalie ausgebildet, nur zu einem verschiedenen Zeitpunkt der Entwicklung. Es gibt keine Übergänge, etwa zuerst kleinere Auswüchse, dann größere, sondern es werden die anomalen Blätter von einem bestimmten Zeitpunkt an gebildet, vorher nicht, und nachher nicht in größerem Maße.

Dies führt zu der Annahme, daß für die Ausbildung der Anomalie ein bestimmter Stoff notwendig ist, der langsam gebildet wird, und erst wenn dieser eine festgelegte Menge oder Konzentration erreicht hat, entstehen von da ab an den Blättern die Auswüchse. Die Wirkungsweise der Gene zeigt also den charakteristischen Ablauf einer Schwellenreaktion. Die Natur dieser Stoffe, die in solcher Weise notwendig sind, um eine Reaktion einsetzen zu lassen, kann nicht einfach die eines Rohstoffes sein, da hierfür keine Schwellenreaktionen bekannt sind. Ähnliche Beobachtungen über eine verzögerte Manifestation eines Merkmals in der Heterozygoten, die in gleicher Weise zu erklären sind, liegen vor für die Mutation Ri von *Oenothera* (Nachtkerze) [68] und *Antirrhinum* (mut. *cornuta* und *monstruosa*) [29]. Die getroffenen Feststellungen können hiernach genauer formuliert werden. *Beide Allele eines Gens bedingen die gleiche Reaktion, nur mit verschiedener Geschwindigkeit, so daß eine verschiedene Quantität des auslösenden Stoffes pro Zeiteinheit gebildet wird.*

d) Das Wirkungssystem der Gene. Beim Tabak ist eine weitere Analyse nicht möglich, aber in einem anderen Fall kann für die getroffene Annahme eine Bestätigung gefunden werden, nämlich bei der Bildung der Reservestoffe in den Samen von Mais. Nach der Art der Kohlenhydrate, die gespeichert werden, lassen sich die Gruppen Stärke- und Zuckermais unterscheiden.

In den glatten Körnern des Stärkemais verhalten sich bei der Reife lösliche:unlösliche KH = 1:10, bei den geschrumpften Körnern des Zuckermais ist das Verhältnis 1:0,5. Der Zuckergehalt ist bei beiden Sorten zu Beginn der Entwicklung der Samen gleich und am größten am 12. Tage der Samenentwicklung. Er nimmt dann allmählich ab durch die Umbildung des Zuckers zu unlöslichen KH. Der Aufbau der Stärke geht beim Stärkemais, der das Allel *Su* besitzt, sehr schnell vor sich, so daß schon vor der Reife der größte Teil des verfügbaren Zuckers umgewandelt ist, während beim Zuckermais, der homozygotisch *su* enthält, die Stärkebildung sehr langsam abläuft, und infolgedessen bei der Reife nur verschwindend wenig Stärke vorhanden ist.

Bei der Bildung von Zuckerendosperm gegenüber Stärkeendosperm, beeinflußt durch die Allelenreihen Su_1 und Su_2, ist Bildung von Stärke als Reservestoff (Su_1) immer dominant über Zucker (su_1), unabhängig von der Dosis. Dasselbe gilt für die Allele der Reihe Su_2—su_2. Durch die Einfügung von weiteren *Su*-Allelen kann jedoch in Endospermen der Konstitution *SuSusu* und *SuSuSu* gegenüber *Sususu* die Menge der Stärke noch weiter erhöht werden, wenn auch die Veränderung gering ist im Vergleich mit der Steigerung, die durch ein *Su* gegenüber *sususu* herbeigeführt wird.

Bei einem anderen Allel der Reihe su_1, su^{am} hängt die Wirkung von der Dosis ab, und zwar ist hier der Einfluß des ersten zu *su* zugefügten Allels su^{am} stärker als der der beiden folgenden. Der Anteil des Zuckers im Endosperm ist im *su-su-su*-Gewebe 2,63 % und sinkt bei su^{am}-*su-su* auf 0,42 %. Bei su^{am}-su^{am}-su^{am} erniedrigt er

[1]) Eiweißschicht des Samens.
[2]) Staubblätter.
[3]) Fruchthülle.

sich nur noch auf 0,08% des Trockengewichts. Das ebenfalls auf das Merkmal Zucker/Stärkeendosperm einwirkende Gen *du* zeigt genau die gleiche Abstufung der Wirkung, nur im ganzen schwächer als *su*. (*dududu* = 0,8% Zucker und 13,5% wasserlösliche Polysaccharide, *Dududu* = 0,1 und 0,6%, *DuDuDu* = 0,08 und 0,4%) [9], [42], [26], [14]. Ein weiteres Gen sh_2 greift in die Kohlenhydratsynthese noch vor *su* ein und bewirkt eine sehr starke Erhöhung des Zuckergehaltes und der Gesamtmenge an KH, zusammen mit Verminderung der Stärke. Die gleichzeitige Vermehrung der Fette in den Körnern des Zuckermais beweist, daß alle bisher gefundenen Gene erst so spät in den Synthesegang eingreifen, daß der Aufbau der gemeinsamen Vorstufe von Fetten und KH nicht betroffen wird und bei einer Verminderung der KH mehr Rohstoff für die Fettsynthese verbraucht werden kann [37]. Gleiche Verhältnisse liegen bei der genetisch durch das Gen R/r bedingten Differenz zwischen Zucker- und Stärkeerbsen vor [28].

Die Stärkebildung wird gelenkt durch Enzyme, die Phosphorylasen, die sich im Zuckermais nur in Spuren nachweisen lassen, im Stärkemais dagegen während der Reifung in großer Menge vorhanden sind. In heterozygoten Samen sind zunächst wenig Phosphorylasen vorhanden, deren Menge dann aber zunimmt. Die Stärkebildung setzt später ein als in homozygoten, wodurch schließlich die Körner im ganzen etwas weniger Stärke enthalten als die Homozygoten, da weniger Zeit für die Bildung zur Verfügung stand. Äußerlich sind sie vollkommen glatt wie Stärkemais, während homozygote Samen mit den rezessiven Allelen geschrumpft sind.

Ein anderes Gen, *waxy*, beeinflußt die Konstitution der Polysaccharide. Als Endergebnis zeigt sich, daß bei normalen Körnern, die nur Wx-Allele enthalten, die Stärke zu 22% aus Amylose und 78% Amylopektin besteht, während Körner des Wachsmais nur Amylopektin aufweisen. Durch ein einziges Allel Wx wird die Bildung des Q-Enzyms, das für die Entstehung der Amylose verantwortlich ist, bereits so stark gefördert, daß zuletzt 18,4% Amylose in den Heterozygoten enthalten ist [8], [55], [1], [7], [6].

Auch in diesen beiden Fällen, beim Zucker- und Wachsmais, lassen sich die zunächst qualitativ erscheinenden Differenzen auf quantitative Unterschiede der Wirkungsstärke der Allele zurückführen. Es kann zugleich eindeutig nachgewiesen werden, und das ist das Wichtige an diesen Untersuchungen, daß die Einwirkung der Gene über ein Fermentsystem erfolgt, und die Dominanzverhältnisse und die entwicklungsgeschichtlichen Tatsachen lassen sich aus den Besonderheiten der Fermentreaktion erklären. Da nun bei der Anthocyansynthese Oxydasen eine Rolle spielen [27], ist anzunehmen, daß die Gene, die auf Oxydationsvorgänge während der Farbstoffbildung einwirken, auf dem Weg über eine Beeinflussung des Oxydasensystems der Zellen wirken.

Ganz allgemein gibt die Annahme, daß alle Gene ihre Wirkung über Fermente ausüben, eine Erklärung für die beobachteten Tatsachen. Diese Besonderheiten der Fermentreaktion müssen daher etwas näher betrachtet werden. Für die Kurve der Fermentwirkung ist charakteristisch, daß die Wirkung nicht proportional der Menge des Enzyms verläuft. Eine Vermehrung des Fermentes unterhalb einer bestimmten Grenze hat fast keinen sichtbaren Effekt. Wenn diese Grenze, der Schwellenwert der Fermentkonzentration, erreicht ist, wird die Folgereaktion, die das Ferment auslöst, plötzlich verstärkt, so daß hier eine sprunghafte Änderung stattfindet. Eine weitere Steigerung der Fermentmenge hat nur noch einen begrenzten Erfolg. Das Maximum der Wirkung ist bald erreicht. Wo eine direkte Kontrolle des Fermentes möglich ist, zeigte es sich, daß die gebildete Menge proportional der Zahl der vorhandenen wirksamen Allele ist; zwei Allele bilden in der gleichen Zeit doppelt so viel Ferment wie eines. Die Wirkungsstärke von zwei schwachen Allelen ist dann zu gering, um in der für die Ausbildung der betreffenden Eigenschaft zur Verfügung stehenden Zeit den Schwellenwert des Fermentes zu erreichen. Zwei „normale" Allele erreichen ihn wohl, und die Folgereaktion führt zu dem feststellbaren Effekt. Wenn in der Heterozygoten durch die Kombination der Wirkung je eines schwachen und starken Allels der Schwellenwert rechtzeitig erreicht werden kann, wird der Phänotyp des stark wirksamen Allels ausgebildet, das dann dominant ist. Wenn die Fermentkonzentration in der Heterozygoten unterhalb des Schwellenwertes bleibt, ist das schwach wirkende Allel dominant. Die kritische Konzentration kann aber auch erst so spät in der Entwicklung erreicht werden, daß die Folgereaktion wohl beginnt, aber nicht mehr rechtzeitig vollständig zu Ende geführt werden kann. Es bildet sich dann ein intermediärer Phänotyp aus, etwa wie für die Anthocyanmenge bei *Hyoscyamus* beobachtet wurde, oder das Merkmal tritt verspätet auf, wie bei den erwähnten Genen beim Tabak und *Antirrhinum*.

Daß die Beziehungen nicht immer so einfach zu erkennen sind, wie im Fall des Maisendosperms, zeigen die Untersuchungen über die genetischen Grundlagen des Photoperiodismus [30], [31], die ergaben, daß die Blühhormone nicht als Produkte der Wirkung derjenigen Gene anzusehen sind, die die photoperiodische Reaktion bestimmen. Wenn also ein Gen und ein Ferment bekannt sind, die beide für das Zustandekommen eines bestimmten Endzustandes notwendig sind, dürfen diese nicht ohne weiteres miteinander in Beziehung gesetzt werden.

e) Zusammenfassung des I. Teils. Aus diesen vier Untersuchungsschritten kann noch eine weitere Einsicht gewonnen werden, nämlich die, daß in der ganzen Reaktionskette Gen—Ferment—Merkmal nur eine einzige Schwellenreaktion vorhanden ist. Beim Vorkommen mehrerer solcher Stufen könnten die Zusammenhänge nicht so deutlich sein, vor allem nicht die Abhängigkeit von der Quantität der Allele. Die Reaktionen, durch die das Gen die Fermentbildung veranlaßt, müssen daher proportional der Wirkungsstärke und Menge der Allele sein. Die Fermentwirkung ist erst die Schwellenreaktion, also die Stelle, an der die Vorgänge, die zur Merkmalsausbildung führen, gewissermaßen gefiltert werden, und wo über ihr Eintreten oder Nicht-Eintreten entschieden wird. Alle weiteren Reaktionen, die dann zur endgültigen Ausbildung des Merkmals notwendig sind, sind zeitabhängig. In der Heterozygoten wird es durch die Zeit bedingt, die zwischen dem Erreichen des Schwellenwertes des Fermentes und der Beendigung der Entwicklung zur Verfügung steht, ob vollständige Dominanz eines der Allele oder intermediäre Wirkung zustande kommt.

II. Abhängigkeit der Genwirkung.

a) Beeinflussung der Wirkung eines Gens durch das restliche Genom. Bisher wurde die Reaktionskette betrachtet, die von einem Gen bis zum Merkmal führt, und dabei festgestellt, daß durch veränderte Allele diese Vorgänge unterbrochen werden können. Es fragt sich nun, ob diese Reaktionen auch in irgendeiner anderen Weise zu beeinflussen sind. Dafür gibt es

mehrere Möglichkeiten. Es wurde schon festgestellt, daß die Wirkung eines Gens nur möglich ist im Zusammenhang mit den übrigen Genen, die im Zellkern vorhanden sind. Als erstes sind demnach die Veränderungen zu betrachten, die die Genwirkung erleidet, wenn die übrige genetische Konstitution des Zellkerns verändert wird.

Als Beispiel sei wieder die Farbstoffbildung herangezogen. Bei *Dianthus* gibt es zwei Grundgene für die Anthocyanbildung. A ermöglicht die Farbstoffbildung allgemein, Y ist für die Ausfärbung der Petalen notwendig. Wenn die rezessiven Allele homozygot vorhanden sind, wird kein Anthocyan gebildet (aa oder yy). In Blüten dieser genetischen Konstitution sind alle übrigen Gene für die Farbstoffbildung unwirksam. Es ist völlig gleichgültig, welches Allel von ihnen vorhanden ist, die Blüte ist immer weiß, da die Molekeln, an denen die übrigen Gene Veränderungen anbringen könnten, überhaupt nicht vorhanden sind.

Daß sich dieses Zusammenwirken von mehreren Genen bei der Reaktionskette, die zu einem Merkmal führt, nicht nur bei physiologischen Merkmalen nachweisen läßt, sondern auch bei morphologisch feststellbarem Endergebnis der Wirkung, zeigen die Untersuchungen an *Antirrhinum* über die Heterogenie gleicher Phäne [*64*]. Wenn wir auch die stoffliche Grundlage der Ausbildung der Blüte oder der Blätter nicht kennen, so läßt sich doch sagen, daß eine Reaktion vorliegen muß vom Typ der Farbstoff- oder Stärkesynthese, wo die normale Entwicklung durch Verlustmutanten an verschiedenen Stellen unterbrochen werden kann und dadurch das gleiche Phän zustande kommt.

Unter den Genen, die bei *Dianthus* die Konstitution der Farbstoffmolekel verändern, gibt es das schon erwähnte Gen R-r, das die Oxydationsstufe beeinflußt. Das Gen M bestimmt, ob zwei oder eine Zuckermolekel an das Anthocyan angelagert werden, wodurch die Farbwirkung ebenfalls verändert wird. Es wirkt nur auf die Anthocyane und nicht auf die Flavone, muß also in der Reaktionskette an einer Stelle angreifen, an der beide Synthesen bereits getrennt sind.

$$\text{Anthocyanidin} \longrightarrow \text{Anthocyanmonoglucosid} \xrightarrow{M} \text{Anthocyan-di-glucosid}$$

In der Kombination der beiden dominanten Allele M und R bilden sich nicht etwa zwei verschiedene Farbstoffe, durch deren Mischung die betreffende Blütenfarbe entsteht, sondern beide Veränderungen gehen an den gleichen Molekeln vor sich. Durch die vollständige Dominanz beider Allele sind vier Kombinationen zwischen ihnen möglich, nämlich RM, Rm, rM und rm, und die Pflanzen dieser vier genetischen Konstitutionen bilden vier verschiedene Farbstoffe. In Pflanzen, die für r und m homozygot sind, ist das rote Pelargonin-3-monoglucosid vorhanden, rM bildet Pelargonin-3-5-diglucosid, das tief rosa ist. Das Cyan n-3-monoglucosid der Rm-Pflanzen ist karminrot, und die Doppelt-dominanten der Konstitution RM sind magenta [*19*]. Das Endergebnis der Genwirkung ist also ein völlig anderes, je nachdem, welche Allele der übrigen Gene vorhanden sind.

Besonders deutlich wird die Bedeutung dieses Zusammenarbeitens der Gene bei den Untersuchungen über die Fruchtfarbe bei Tomaten. Rot, gelb und orange werden hier bestimmt durch Carotine und Carotinoide, Lycopin und Prolycopin.

Das Gen R greift relativ früh in die Synthesekette der Carotine ein und erzeugt eine bestimmte Menge eines Ausgangsstoffes, der durch das Allel r nur in sehr geringer Menge gebildet wird. Durch r wird aber nicht die Synthese aller Carotine verhindert, denn in Kombination mit bestimmten Allelen anderer Gene kann doch ein zwar stark verminderter, aber relativ hoher Gesamtcarotingehalt erreicht werden. Die Dominanz von R ist vollständig, die Heterozygoten zeigen keinen verminderten Farbstoffgehalt im Vergleich mit den Homozygoten. T wirkt auf die Umwandlung von Prolycopin in Lycopin ein, so daß in den rezessiven tt-Pflanzen diese Reaktion ausbleibt und an Stelle des Lycopins Prolycopin und verschiedene Carotine auftreten. B beeinflußt nicht den Gehalt an Farbstoffen, aber die Umwandlung von Lycopin in β-Carotin und damit das Verhältnis, in dem sich diese beiden Stoffe in den Früchten vorfinden.

Das Endergebnis der Wirkung eines jeden Allels dieser drei Gene hängt davon ab, mit welchem Allel der beiden anderen Gene es zusammentrifft, da hierdurch sowohl qualitative wie quantitative Differenzen im Farbstoffgehalt bedingt werden [*39*], [*40*], [*41*], [*25*], [*67*].

Aus den Reaktionsketten, die sich in den einzelnen Fällen erschließen lassen, ist zu ersehen, daß jedes Gen die Stoffe schafft, an denen weitere Gene ihre Wirkung ausüben können, und andererseits findet jedes Gen in der Zelle die Stoffe vor, an denen seine Wirkung ansetzen kann. Je nachdem welcher Stoff ihm durch die Wirkung der Allele anderer Gene zur Verfügung gestellt wird und welche Allele auf sein Genprodukt einwirken, ist auch das Endergebnis ein anderes.

b) Beeinflussung der Genwirkung durch das Plasma. Alle diese Stoffe müssen sich in der Zelle, d.h. im Zytoplasma vorfinden. Dieses liefert die Grundsubstanz für ihre Bildung und für die Bildung der Gen-Fermente. Es spielt durch diese beiden Funktionen eine wesentliche Rolle bei der Genwirkung, und es fragt sich, ob dieses Plasma sich auch verändern kann, und wie dann die Wirkung der Gene abläuft. Bei verschiedenen Objekten sind Rassen bekannt, die sich durch genetisch verschiedene Plasmen unterscheiden, und die Aufgabe ist es, gleichartige Genome in verschiedene Plasmen einzulagern und dann die Wirkung zu prüfen. Die Möglichkeit einer solchen Untersuchung ist dadurch gegeben, daß das Plasma meist ausschließlich von der Eizelle geliefert wird, während die Chromosomen und damit die Gene zu gleichen Teilen aus dem Kern der Eizelle und des Pollenschlauchs stammen. Die Methode ist damit gegeben: Es werden reziproke Kreuzungen hergestellt zwischen Formen, die sich im Plasma unterscheiden. Die Zellkerne sind in beiden Bastarden gleichartig aufgebaut, während das Plasma durch die verschiedene Herkunft der Eizellen Unterschiede aufweist.

Hierfür einige Beispiele: Von den bekannten Streptocarpus-Kreuzungen von OEHLKERS [*45*] sei nur ein Fall erwähnt. Ein Allel für zerschlitzte Blüten stammt aus *Str. Rexii* und arbeitet dort mit dem Plasma dieser Art so zusammen, daß die normale Blütenentwicklung nicht gestört wird; nach Einlagerung dieses Allels in das Plasma von *Str. Wendlandii* ergibt sich dagegen bei Homozygotie in diesem Allel eine derartige Reaktion, daß auffallende, zerschlitzte Blüten entstehen.

Bei *Epilobium* unterscheiden sich die Arten ebenfalls nicht nur in den Genen, sondern auch im Plasmon, und hier ist die Reaktionskette, die zu einem veränderten Phänotyp führt, etwas genauer bekannt. Bei reziproken Kreuzungen findet sich hier häufig die Erscheinung, daß der eine Bastard normalwüchsig ist, während bei Kreuzung in anderer Richtung der Bastard gehemmt ist. Er zeigt Zwergwuchs unter extremer Stauchung des Sproßsystems mit Verkümmerung der Blätter und geringer Blütenbildung. Es ließ sich zeigen, daß diese Pflanzen gegenüber den normalen aus der reziproken Kreuzung eine große Differenz im dissimilatorischen Stoffwechsel aufweisen. Bei den gehemmten Formen ist die Atmung verstärkt, wodurch ein Teil der für den Aufbau des Sproßsystems notwendigen KH zerstört wird, bevor er in normaler Weise verwendet werden kann. Es lassen sich hier nicht einzelne Gene für diese Differenz verantwortlich machen, sondern es müssen sehr viele dazu zusammenwirken. Die gleiche Summe von Genen verursacht in verschiedenen Plasmen eine verschiedene Aktivität der Atmungsfermente, was dann wiederum einen stark veränderten Gesamtstoffwechsel bedeutet und zu deutlichen Differenzen in der morphologischen Ausgestaltung der Pflanzen führt [*48*].

Durch ein verändertes Plasma können Differenzen in der Wirkung der Gene zustande kommen. Das Plasma ist als Reaktionssubstrat notwendig, und bei verändertem Substrat ergibt sich auch eine veränderte Gesamtwirkung.

c) Beeinflussung der Genwirkung durch Umweltbedingungen. Außer dem Genom und dem Plasmon ist bei der Entwicklung der Pflanzen noch mit einem dritten Faktor zu rechnen. Die Pflanzen sind nicht isolierte Gebilde, sondern sie stehen unter dem Einfluß der Umwelt. Es ist daher noch zu prüfen, ob Veränderungen in dieser Umwelt eine andersartige

Reaktion der Pflanze auf die Einflüsse, die von den Genen ausgehen, verursachen können. Die Versuchsobjekte hierfür sind gleiche Genotypen in gleichem Plasma, aber unter verschiedenen äußeren Bedingungen. Hierzu ist schon lange bekannt, daß durch veränderte Umwelteinflüsse stark veränderte Pflanzen entstehen können. Die veränderte Umwelt bedingt eine Veränderung der ganzen Wuchsform, was aber, in der Terminologie der Genwirkung ausgedrückt, nichts anderes bedeutet, als daß der gleichartige Genotyp im Zusammenwirken mit einer veränderten Umwelt eine andersartige Reaktion ergibt. Diese veränderten Phänotypen können oft solchen gleichen, die bei Normalbedingungen unter dem Einfluß anderer Allele auftreten. Solche Pflanzen, die unter dem Einfluß veränderter Umweltbedingungen einen Habitus annehmen, der für einen anderen Genotyp charakteristisch ist, werden als „Phänocopien" bezeichnet. Für ihr Auftreten gibt es viele Beispiele, aber das Gesagte genügt, um zu zeigen, daß auch die Umwelt auf die Wirkung der Gene einen entscheidenden Einfluß haben kann. *Dieser II. Teil der Untersuchungen schließt also ab mit der Feststellung, daß die Wirkung der Allele eines Gens vom Genom, vom Plasma und von der Umwelt abhängig ist und von diesen drei Faktoren her beeinflußt werden kann.*

III. Genwirkung und Chromosom.

Hiermit könnte die Untersuchung abgeschlossen werden, wenn nicht eine seltsame Beobachtung vorläge: das gleiche Allel soll im unveränderten Genom, im gleichen Plasma unter gleichartigen Umweltbedingungen wirken; das einzige, was verändert wird, ist die Lage der betreffenden Chromosomenstelle, von der die beobachtete Wirkung ausgeht, in bezug auf die benachbarten Chromosomenteile. Dies geschieht immer, wenn eine Chromosomenmutation erfolgt ist, z.B. eine reziproke Translokation, die wechselseitige Verlagerung von Chromosomenteilen zwischen zwei Chromosomen. In einzelnen Fällen läßt sich dann etwas beobachten, was an Pflanzen bisher erst in einem einzigen Fall bei *Oenothera* nachgewiesen wurde: Das Gen s wirkt auf die Blütenfarbe ein und liegt im Chromosomenende 3. Wenn der Chromosomenteil, der s enthält, in seiner normalen Lage im Genom liegt, ist gelb ($+^s$) völlig dominant über schwefelgelb (s). Wenn das Chromosomenende 3 mit s dagegen an ein anderes Chromosom verlagert wird, so daß Chromosomen mit den Enden 1.3 und 2.4 entstehen (Fig. 1), so sind die Heterozygoten mit der Normalform plötzlich intermediär in der Weise, daß gelbe und hellgelbe Bezirke auf den Blütenblättern nebeneinander liegen, also ein Mosaik entsteht. Nicht jede Translokation von s bewirkt diesen Dominanzwechsel, sondern nur diese eine. Eine bei *Oenothera* häufig vorkommende andere Translokation des gleichen Stückes, wodurch die Chromosomen 1.4 und 2.3 entstehen, hat nicht diesen Einfluß, die Heterozygoten sind normal gelbblütig. Bei einer Rücktranslokation des Stückes im ersten Fall in seine normale Lage verschwindet der Effekt wieder. Es wurde also bestimmt nichts an dieser Stelle des Chromosoms zerstört [*10*]. Diese Änderung der Dominanz beruht auf einer Differenz in der Genwirkung durch Veränderung der Lage im Genom und wird als Positionseffekt bezeichnet. Der Vorgang ist aus den Vorstellungen über die Genwirkung, wie sie bisher dargestellt wurde, nicht verständlich. Was beobachtet wurde, ist die Veränderung der Aktivität eines Chromosomenteils durch Veränderung der Umgebung, in der er sich befindet. Dies ist aus der Art der Fermentwirkung nicht zu erklären, die Veränderung muß vielmehr in der Reaktionsphase

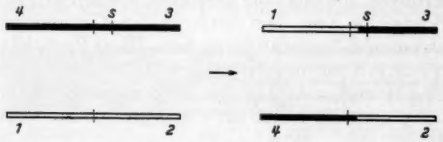


Fig. 1. Schema der reziproken Translokation bei Oenothera blandina mit Positionseffekt für s. Der Strich in der Mitte der Chromosomen bezeichnet die Lage des Zentromers.

zwischen Gen und Fermentbildung liegen, also ganz am Anfang der Kette der Genwirkung.

C. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Das Ergebnis der Untersuchung über die Wirkung der Gene kann jetzt in folgender Weise zusammengefaßt werden: Die im Zellkern lokalisierten Erbanlagen beeinflussen die gesamte Entwicklung eines Organismus und führen dadurch, daß sie diese Entwicklung in bestimmte Bahnen leiten, zu den feststellbaren Eigenschaften. Die Wirkung eines einzelnen Gens kann erst dann von der Wirkung des gesamten Genoms getrennt werden, wenn das Gen in mehreren Allelen vorkommt, die sich in ihrer quantitativen Wirkung so weit unterscheiden, daß dadurch ein veränderter physiologischer Zustand erreicht wird, der dann die Ursache für die Ausbildung eines andersartigen Phänotyps ist. Das Gen wirkt hierbei im Zusammenhang mit dem übrigen Genom und unter seinem Einfluß über ein Fermentsystem mit dem Plasma als Substrat sowohl für die Fermentbildung wie für die Fermentwirkung. In der Reaktionskette zwischen Gen und Merkmal liegt nur eine Schwellenreaktion, nämlich die Fermentwirkung. Veränderungen im Plasma zeigen sich in veränderter Wirkung der Gene an. Die ganze Reaktion steht unter dem Einfluß der Umwelt.

Die Untersuchung der Wirkung der Gene und der Möglichkeiten ihrer Beeinflussung gibt Aufschluß über die physiologischen Prozesse, die zwischen Gen und Merkmal ablaufen, sagt aber nichts aus über die Natur der Gene, die diese Reaktionsketten in Gang setzen. Ein Gen, das eine Fermentreaktion steuert, kann nämlich

1. selber das Ferment sein,
2. die Bildung des Fermentes aus vorhandenen Vorstufen verursachen,
3. die Vorstufen für die Bildung des Fermentes liefern, die im Plasma mit vorhandenen Stoffen zum Wirkstoff reagieren, und
4. ein vorhandenes Ferment aktivieren oder inaktivieren, direkt oder über vom Gen produzierte Stoffe. Der erste Fall ist unwahrscheinlich, aber zwischen den übrigen läßt sich keine allgemeine Entscheidung fällen.

Die Erscheinung des Positionseffektes kann etwas mehr erkennen lassen. Da die Wirkung durch eine einfache Verlagerung an eine andere Stelle so weitgehend beeinflußt werden kann, kann man das Gen nicht als einen isolierten Körper auffassen, der mehr

oder weniger zufällig an das Chromosom gebunden ist, sondern es muß angenommen werden, daß die Stelle des Chromosoms, von der die zu prüfende Wirkung ausgeht, diese nur im Zusammenhang mit ihrer Umgebung ausüben kann und so mit dem ganzen übrigen Chromosom in Wechselwirkung steht. Veränderungen, die sich dort abspielen, können sich in der Wirkung, die von dem betrachteten Chromosomenstück ausgeht, bemerkbar machen. Diese Feststellung, die eigentlich nur negativ sagt, was das Gen nicht ist, ist das einzige, was aus der Untersuchung der Genwirkung über die Natur der Gene geschlossen werden kann.

Die Definition des Gens, zu der die Untersuchung der Wirkung führt, ist also diese, daß unter einem Gen eine Stelle eines Chromosoms verstanden wird, von der in Wechselwirkung mit ihrer Umgebung eine Wirkung auf die Entwicklung des Organismus ausgeht. Die Untersuchung des Positionseffektes führt dabei über die Frage der Genphysiologie bereits hinaus. Die Anschauungen, die von Gegnern der Gentheorie vertreten werden, wonach man nie ein Gen finden wird, sondern immer nur Teile eines Chromosoms, bestehen zu Recht. Ein Gen ist in seiner Struktur und seiner Wirkung nur zu verstehen als Bestandteil einer größeren Einheit, eben eines Chromosoms, aus dem es nicht herausgelöst werden kann, ohne daß es in Struktur und Wirkung gestört oder sogar zerstört wird. Die Frage nach der Wirkung der Gene führt dadurch zurück zur Frage nach der chemischen und physikalischen Struktur nicht des einzelnen Gens, sondern des Chromosoms.

Literatur.

[1] Andrew, R. H., R. A. Brink and N. P. Neal: M. Agric. Res. **69**, 355 (1944). — [2] Atwood, S. S., u. P. Grun: Bibliogr. genet. **14**, 133 (1952). — [3] Beale, G. H., G. M. Robinson, R. Robinson and R. Scott-Moncrieff: J. Genetics **37**, 375 (1939). — [4] Beale, G. H., J. R. Price and R. Scott-Moncrieff: J. Genetics **41**, 65 (1940). — [5] Benl, G.: Z. Vererbungslehre **74**, 242 (1938). — [6] Bliss, L., u. N. M. Naylor: Cereal Chem. **23**, 177 (1946). — [7] Brimhall, B., Sprague and J. E. Sass: J. Amer. Soc. Agronom. **37**, 937 (1945). — [8] Brink, R. A.: Genetics **14**, 569 (1925). — [9] Cameron, J. W.: Genetics **32**, 459 (1947). — [10] Catcheside, D. G.: J. of Genetics **48**, 31 (1947). — [11] Correns, C.: Correns' Gesammelte Abhandlungen 1899—1924, S. 65f. Berlin: Springer 1924. — [12] Correns, C.: Correns' Gesammelte Abhandlungen 1899—1924, S. 264. Berlin: Springer 1924. — [13] Correns, C.: Correns' Gesammelte Abhandlungen 1899—1924, S. 315f. Berlin: Springer 1924. — [14] Dunn, G. M., H. H. Kramer and R. L. Whistler: Agronomy J. **45**, 101 (1953). — [15] Emme, H.: Züchter **3**, 109 (1931). — [16] Eyster, W. H.: Bibliogr. genet. **11**, 187 (1934). — [17] Fogel, S.: Genetics **31**, 215 (1946). — [18] Fogel, S.: Genetics **31**, 215 (1946). — [19] Geissman, T. A., and G. A. L. Mehlquist: Genetics **32**, 410 (1947). — [20] Goldschmidt, R.: Physiological Genetics. — McGraw-Hill Book Company, New York u. London 1938. — [22] Harland, S. C.: Bibliogr. genet. **9**, 107 (1932). — [23] Harte, C.: Z. Vererbungslehre **82**, 495 (1948). — [24] Honing, J. A.: Genetica **5**, 455 (1923). — [25] Jenkins, J. A., and G. Mackinney: Genetics **38**, 107 (1953). — [26] Kramer, H. H., and R. L. Whistler: Agronomy J. **41**, 409 (1949). — [27] Keeble, F., and E. F. Armstrong: J. Genetics **2**, 277 (1912/13). — [28] Kellenbarger, S., V. Silveira, R. M. McCready, H. S. Owens and J. L. Chapman: Agronomy J. **43**, 337 (1951). — [29] Kuckuck, H., u. R. Schick: Z. Vererbungslehre **56**, 51 (1930). — [30] Lang, A.: Lotsya a Biological Miscellany **1**, 175 (1948). — [31] Lang, A.: Annual Rev. Plant Physiol. **3**, 265 (1952). — [32] Laughnan, J. R.: Genetics **31**, 222 (1946). — [33] Laughnan, J. R.: Genetics **33**, 488 (1948). — [34] Laughnan, J. R.: Genetics **36**, 559 (1951). — [35] Laughnan, J. R.: Genetics **37**, 375 (1952). — [36] Laughnan, J. R.: Amer. Naturlist **86**, 109 (1952). — [37] Laughnan, J. R.: Genetics **38**, 485 (1953). — [38] Lawrence, W. J. C.: Biochem. Soc. Symposia **4**, 3 (1950). — [39] Lincoln, R. E., and J. W. Porter: Genetics **35**, 206 (1950). — [40] MacKinney, G., and J. A. Jenkins: Proc. Nat. Acad. Sci. USA **38**, 48 (1952). —[41] MacKinney, G., and J. A. Jenkins: Proc. Nat. Acad. Sci. USA **35**, 284 (1949). — [42] Mangelsdorf, P. C.: Genetics **32**, 448 (1947). — [43] McClintock, B.: Genetics **29**, 478 (1944). — [44] Mehlquist, G. A. L., and T. A. Geissman: Ann. Missouri Bot. Garden **34**, 39 (1947). — [45] Oehlkers, F.: Z. Bot. **32**, 305 (1938). — [46] Renner, O.: Untersuchungen über die faktorielle Konstitution einiger komplexheterozygotischer Oenotheren. Leipzig: Gebrüder Bornträger 1925. — [47] Rhoades, M. M.: J. Genetics **33**, 347 (1936). — [48] Ross, H.: Z. Vererbungslehre **79**, 503 (1941). — [49] Schick, R., u. H. Stubbe: Z. Vererbungslehre **62**, 249 (1932). — [50] Schick, R., u. H. Stubbe: Z. Vererbungslehre **66**, 425 (1934). — [51] Scott-Moncrieff, R.: J. Genetics **32**, 117 (1936). — [52] Scott-Moncrieff, R.: Sci. horticulture **6**, 124 (1938). — [53] Silow, R. A., and C. P. Yu: J. Genetics **42**, 249 (1942). — [54] Smith, L.: Bot. Rev. **17**, 1, 133, 285 (1951). — [55] Sprague, G. F., Brimhall, B. and R. M. Hixon: J. Amer. Soc. Agronom. **35**, 817 (1943). — [56] Stadler, L. J.: Genetics **31**, 377 (1946). — [57] Stadler, L. J., and S. Fogel: Genetics **30**, 23 (1945). — [58] Stephens, S. G.: Genetics **33**, 191 (1948). — [59] Stephens, S. G.: Arch. of Biochem. **18**, 449 (1948). — [60] Stephens, S. G., and A. F. Blakeslee: Proc. Nat. Acad. Sci. USA **34**, 252 (1948). — [61] Stern, C.: Multiple Allelie. In Handbuch der Vererbungswissenschaft 1930. — [62] Störmer, I., u. H. v. Witsch: Planta **27**, 1 (1938). — [63] Stubbe, H.: Z. Vererbungslehre **79**, 401 (1941). — [64] Stubbe, H.: Biol. Zbl. **58**, 492 (1949). — [65] Tammes, T.: Bibliogr. genet. **4**, 1 (1928). — [66] Tammes, T.: Züchter **2**, 245 (1930). — [67] Tomes, M. L., F. W. Quackenbusch, O. E. Nelson jr. and B. North: Genetics **38**, 117 (1953). — [68] Weidner, E.: Biol. Zbl. **69**, 478 (1950). — [69] Weijer, J.: Bibliogr. genet. **14**, 189 (1952).

Entwicklungsphysiologisches Institut der Universität, Köln-Riehl, Amsterdamerstr. 36.

Eingegangen am 4. Oktober 1954.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Der Quarz-Prismenspektrograph als Analysator für polarisiertes Licht.

Die Kollimatorlinse eines Quarz-Prismenspektrographen dreht die Schwingungsebene des einfallenden Lichtes, wenn sie aus Kristallquarz hergestellt ist und der Strahlengang parallel der optischen Achse erfolgt. Wegen der Dispersion dieser Drehung (Rotationsdispersion) wird Licht verschiedener Wellenlängen verschieden stark gedreht und, da der Reflexionsgrad eine Funktion der relativen Lage von Schwingungsebene des einfallenden Lichtes und Einfallsebene ist, beim Einfall in das Prisma des Spektrographen verschieden stark reflektiert. Deshalb ist die Durchlässigkeit eines Prismenspektrographen mit Optik aus kristallisiertem Quarz eine periodische Funktion der Wellenlänge.

Man beobachtet diese Eigenschaft von Spektrographen — die zwar auf bekannten Eigenschaften ihrer Optik beruht, aber offenbar wenig bekannt und deshalb mitteilenswert ist — in der Anordnung nach Fig. 1: Das Kontinuum einer Xenon-Höchstdrucklampe Q fällt durch ein Glan-Prisma P auf den Spektrographenspalt S. Auf der Photoplatte in der Bildebene *E* erhält man anstatt des Kontinuums der X-Lampe mit nach kurzen Wellenlängen stetig abnehmender Intensität (Fig. 2, Kurve *a*) ein Kontinuum mit periodischer Intensitätsverteilung (Fig. 2, Kurve *b*). Das in der Ebene *R* beobachtete, beim Eintritt in das Quarzprisma selektiv reflektierte Licht ist farbig.

Die Anzahl der Maxima und Minima in einem gegebenen Wellenlängenintervall ist der Linsendicke proportional; diese läßt sich mit Hilfe der bekannten Werte der Rotationsdispersion von Quarz berechnen (10 mm). Bei einer eingehenderen Behandlung des Effektes ist auch für die Reflexion die Anisotropie der Quarzoptik im Spektrographen zu berücksichtigen; sie erscheint dafür verantwortlich, daß die

Anzahl der Maxima doppelt so groß ist, wie sie nach den FRESNELschen Formeln für die partielle Reflexion am isotropen Medium zu erwarten wäre.

In Spektrographen mit hinreichend dicker Kollimatorlinse und starker Selektivität der Reflexion am Prisma kann man den beschriebenen Effekt auch unmittelbar zur Bestimmung der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes verwenden: Man läßt das Licht der polarisierten Lichtquelle (z. B. eines fluoreszierenden Einkristalls) ohne zusätzlichen Polarisator in den Spektrographen fallen und beobachtet diejenige Wellenlänge, bei der das Licht durch die Analysatorwirkung des Spektrographen in seiner Bildebene maximal

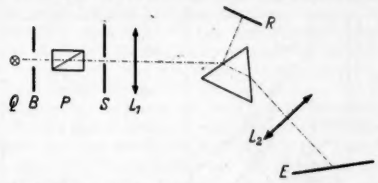


Fig. 1. Anordnung zur Untersuchung der Analysator-Eigenschaften eines Prismenspektrographen, schematisch. *Q* Lichtquelle, *B* Blende, *P* Glan-Prisma, *S* Eintrittspalt, *L* Linsen und *E* Bildebene des Spektrographen; *R* Schirm zum Auffangen des reflektierten Lichtes.

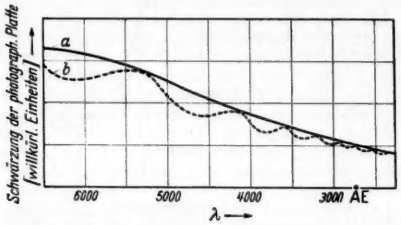


Fig. 2. Intensitätsverteilung (schematisch) im unpolarisierten (Kurve *a*) und im nach Fig. 1 polarisierten Kontinuum der Xenon-Höchstdrucklampe, in der Bildebene des Spektrographen (Fuess 110c).

geschwächt erscheint. Wenn man dann die zu untersuchende Lichtquelle durch eine Kontinuumquelle mit Polarisator ersetzt und das Polarisationsprisma *P* so dreht, daß bei der gleichen Wellenlänge wie vorher ein Minimum der Intensität liegt, so stimmt die Polarisationsebene des Prismas mit der Polarisationsrichtung der untersuchten polarisierten Lichtquelle überein.

Physikalisch-Chemisches Institut der Technischen Hochschule, München.

HANS CHRISTOPH WOLF und DIETER GRIESSBACH.

Eingegangen am 22. Februar 1955.

Eine einfache Methodik zur Messung und Demonstration der Rotationsdispersion.

Die Xenon-Höchstdrucklampe (und die Wasserstofflampe) als bequeme und intensive kontinuierliche Lichtquellen für das Sichtbare und das Ultraviolett ermöglichen eine einfache und rasche Messung der Rotationsdispersion und des Drehsinnes optisch aktiver Stoffe.

Man verwendet dazu die gleiche Versuchsanordnung wie in vorstehender Mitteilung[1]). Als Analysator dient jetzt jedoch nicht mehr das Quarzprisma des Spektrographen, sondern ein zweites Glan-Prisma, das zwischen Kollimatorlinse L_1 und Quarzprisma in den Strahlengang der Fig. 1 in[1]) gebracht wird. Befindet sich zwischen den beiden Polarisationsprismen eine aktive Substanz — in diesem Falle war es die Kollimatorlinse des Spektrographen —, so findet wegen der Rotationsdispersion in jeder Stellung des Analysators relativ zum Polarisator für bestimmte Wellenlängen Auslöschung statt. Das durchgehende Licht ist farbig und ändert seine Farbe beim Drehen eines der Prismen.

Die photographische Aufnahme in der Bildebene *E* des Spektrographen bei zwei zueinander senkrechten Stellungen des Polarisators *P* zeigt Fig. 1. Man erhält so schon in einer Aufnahme 8 Meßpunkte zwischen 2500 und 6200 Å für die Rotationsdispersionskurve. Zwei aufeinanderfolgende Minima in einer Aufnahme entsprechen einer Drehung um 180°. Aus Aufnahmen bei zwei verschiedenen Schichtdicken erhält man den Absolutbetrag der Drehung; der Drehsinn ergibt sich aus der Richtung des Fortschreitens der Minima in der Wellenlängenskala bei einer kleinen Drehung des Analysators.

Photographisch erreicht man bei Wahl einer geeigneten Belichtungszeit (in Fig. 1 ist sie etwa für das Minimum bei etwa 4700 Å optimal) ohne großen Aufwand eine Genauigkeit von 1% für die Werte der Rotationsdispersionskurve oder, wenn sie bekannt ist, für die Schichtdicke. Für Präzisionsmessungen wird man weiterhin auf die bekannten Methoden[2])

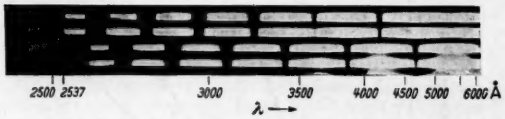


Fig. 1. Aufnahme der Rotationsdispersion von Quarz (Kollimatorlinse). Photographisches Positiv. Zwei zueinander senkrechte Stellungen des Polarisators P_1, jeweils zwei verschiedene Belichtungszeiten. Spektrograph Fuess 110c.

zurückgreifen. Die hier beschriebene Methodik eignet sich wegen ihrer Anschaulichkeit und Einfachheit in besonderem Maße zur Demonstration der optischen Aktivität und ihrer Wellenlängenabhängigkeit.

Physikalisch-Chemisches Institut der Technischen Hochschule, München.

DIETER GRIESSBACH und HANS CHRISTOPH WOLF.

Eingegangen am 22. Februar 1955.

[1]) WOLF, H. C., u. D. GRIESSBACH: Naturwiss. **42**, 206 (1955).
[2]) DESCAMPS, R.: Trans. Faraday Soc. **26**, 357 (1930).

Role of "Ageing" in the Production of JOSHI Effect in Mercury Vapour.

While a few theoretical considerations on photo- and thermoelectric effects require that the action of light on matter should enhance its electrical conductivity, it has been observed by JOSHI[1]) and others[2]) that this last of a gas or vapour under discharge is inhibited by external radiation. The phenomenon referred to as JOSHI effect ($-\Delta i$) is observed in almost all gases which have large electron affinity (E), like chlorine ($E_{Cl} = 3.8$), bromine ($E_{Br} = 3.6$), oxygen ($E_O = 3.8$) and Hg vapour ($E_{Hg} = 1.8$ ev)[3])[4]). It was reported[4]) that for the observation of $-\Delta i$ in Hg vapour, "ageing" viz. continued exposure to discharge at a fixed applied potential for a period of more than 20 hrs was, however, found necessary. That is, in freshly prepared discharge tubes which were Siemens' type all glass ozonisers, the discharge current i was unaffected by external light (cf. Fig. 1a); however, after the systems were "aged" at 960 volts (rms), the current was markedly inhibited by even the visible light from a 200 watt bulb (curves 1 and 2, Fig. 1b). When the current was investigated by an oscillograph, the amplitude of the observed pulses decreased under irradiation. This peculiar behaviour of "ageing" in making the system *photo-sensitive* appeared of interest and called for detailed investigations; the present note reports a preliminary account of the same. Raise of temperature of the freshly prepared discharge tube to 200° C did not initiate $-\Delta i$; "ageing" the vessel at 200° C for about 10 hrs was, however, found sufficient to give the effect $-\Delta i$. Introduction into a fresh vessel containing Hg vapour of hydrogen upto a partial pressure of 20 mm did not produce the phenomenon; the admittance of Cl_2, O_2 or H_2O vapour gave marked $-\Delta i$; the quantities necessary for the production of the effect $-\Delta i$ were roughly in the reverse order of their critical temperatures. Removal of pre-adsorbed H_2O vapour layers from the glass surface disfavoured the production of $-\Delta i$ in Hg vapour.

Treatment of the walls of the discharge tube with acid solutions to remove the free alkali necessitated "ageing" for considerably long time (> 60 hrs) for initiation of $-\Delta i$ in Hg vapour. Deposition of films like that of KCl, NaOH, etc. on the walls of the acid-treated vessels produced $-\Delta i$ with a little "ageing" (< 1 hr), indicating thereby that the effect of prolonged "ageing" was essentially the same as that of the deposition of surface films. The production of these last under discharge with glass electrodes is not unexpected especially on account of the electrolytic nature of the conduction of electricity through glass[5]). Thus, RODEBUSH and KLINGEL-

HOEFFER[6]) observed a white deposit when chlorine was subjected to electrodeless discharge in glass vessels and attributed it to the formation of NaCl due to the combination of Cl atoms with Na ions from the glass; KELLNER[7]) detected a yellow film when bromine was excited in ozonisers; and LUDEKING[8]) estimated the amount of $NaI/NaIO_3$ formed under spark discharge in iodine vapour.

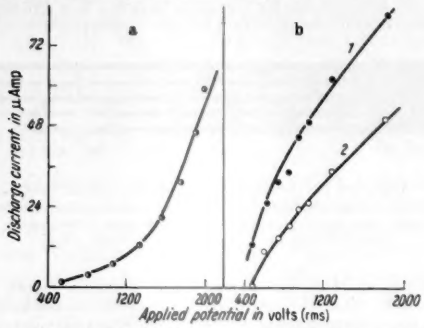


Fig. 1 a and b. Potential variation of the discharge current in a low frequency (50 cycles/sec) electric discharge in Hg vapour (a) before and (b) after "ageing". ● in dark, ○ under light from 200 watt bulb, ◑ in dark and under light.

The details of the above results and the mechanism for the production of the JOSHI effect $-\Delta i$ by the quasi-permanent changes resulted on account of "ageing" will be presented elsewhere.

Department of Chemistry, University of Delhi, Delhi, India.

N. A. RAMAIAH and H. C. GAUR.

Eingegangen am 7. März 1955.

[1]) JOSHI, S. S.: Nature [London] **151**, 561 (1943).
[2]) RAMAIAH, N. A.: J. Sci. Ind. Res. **10 A**, 182 (1951).
[3]) RAMAIAH, N. A.: J. Chem. Phys. **22**, 1507 (1954).
[4]) VENKATESWARLU, V., and N. A. RAMAIAH: J. Phys. Soc. [Japan] **9**, 225 (1954).
[5]) TAYLOR, J.: Nature [London] **121**, 708 (1928).
[6]) RODEBUSH, W. H., and W. C. KLINGELHOEFFER: J. Amer. Chem. Soc. **55**, 130 (1933).
[7]) KELLNER, J.: Z. Electrochem. **8**, 500 (1802).
[8]) LUDEKING, C.: Chem. News **61**, 1 (1890).

Prinzipielle Betrachtungen im Periodischen System der Elemente *).

In früheren Veröffentlichungen[1a,b]) wurden für *stabile* Isotope periodische Beziehungen zwischen den Elektronen der Hülle und den Nukleonen des Kerns betrachtet. Die dünnen Linien der Fig. 1 umrahmen das stabile Gebiet, die dicke entspricht der früher[1c]) näher definierten Linie (im folgenden als Z-Linie bezeichnet), wie sie für die Verteilung der Protonen und Neutronen angenommen wird, analog der Unterteilung der Elemente auf Hauptgruppen und auf Elemente der Nebengruppen bzw. Lanthaniden und Actiniden. Dehnt man diese Betrachtungen auf die *instabilen* Isotope aus, so ergibt sich eine gestrichelte Linie — im folgenden als β-Linie bezeichnet — als Abgrenzung des $^+\beta$- und des $^-\beta$-Zerfalls radioaktiver Kerne. Aus der Fig. 1 ist folgendes zu ersehen.

1. Die $^-\beta$-Strahler gerader Elemente befinden sich alle, die ungerader fast alle auf der linken Seite, die $^+\beta$-Strahler gerader Elemente alle, die ungerader fast alle auf der rechten Seite der β-Linie.

2. Die β-Linie verläuft mit der Z-Linie teilweise gemeinsam, teilweise getrennt. Getrennte Abschnitte verlaufen jeweils parallel.

3. Beim Übergang von Hauptgruppen zu Nebengruppen verlaufen beide Linien gemeinsam, beim Übergang von Nebengruppen zu Hauptgruppen getrennt.

4. Die senkrecht gemeinsam verlaufenden Linienabschnitte verbinden nur Hauptgruppenisotope. Die senkrecht getrennt verlaufenden β-Linienabschnitte verbinden nur Nebengruppenisotope bzw. Isotope von Lanthaniden und Actiniden. Die schräg gemeinsam verlaufenden Linienabschnitte verbinden je ein Hauptgruppenisotop mit — anschließend daran — nur Nebengruppenisotopen bzw. Isotopen von Lanthaniden und Actiniden. Die schräg getrennt verlaufenden β-Linienabschnitte verbinden je zur Hälfte nur Nebengruppenisotope bzw. Isotope von Lanthaniden und Actiniden und — anschließend daran — je zur Hälfte nur Hauptgruppenisotope.

5. Die Trennung der β-Linienabschnitte von der Z-Linie beginnt, wenn die auf Hauptgruppen folgenden Nebengruppenelemente bzw. Lanthanide und Actinide zur Hälfte mit d-Elektronen bzw. f-Elektronen aufgefüllt sind, also Elemente der 7. Nebengruppe Mn und Tc und des 7. Lanthanids bzw. 7. Actinids Eu und Am. Die Trennung bleibt bestehen, bis die folgenden Hauptgruppenelemente zur Hälfte mit p-Elektronen aufgefüllt sind, also Elemente der 5. Hauptgruppe As, Sb und Bi.

6. Die gemeinsam verlaufenden Linien wechseln von der senkrechten zur schrägen Richtung, wenn die Hauptgruppenelemente mit s-Elektronen aufgefüllt sind, also Elemente der

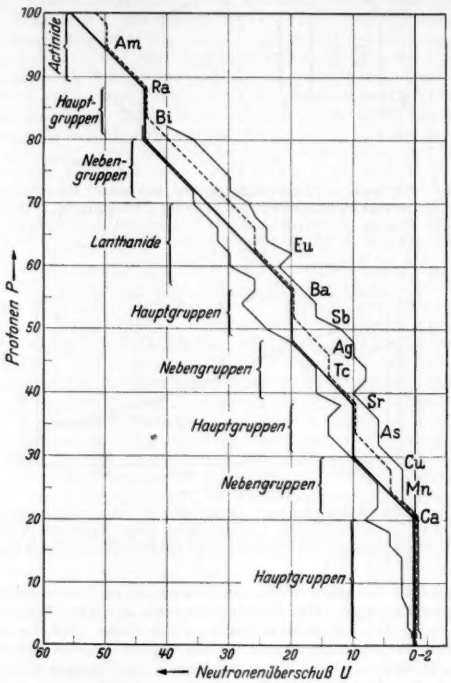


Fig. 1. β-Zerfall radioaktiver Kerne.

2. Hauptgruppe Ca, Sr, Ba und Ra. — Die getrennt verlaufenden β-Linienabschnitte beginnen schräg zu verlaufen, wenn die betreffenden Nebengruppenelemente mit d-Elektronen aufgefüllt sind, also Elemente der 1. Nebengruppe Cu und Ag.

7. Alle unter 5. und 6. genannten Elemente sind durch S-Grundterme gekennzeichnet.

Von den berücksichtigten 419 β-aktiven Isotopen[2]) lassen sich 7 Isotope, und zwar *nur* ungerader Elemente (oder etwa 1,5%) nicht durch die β-Linie in $^-\beta$- und $^+\beta$-aktive gegeneinander abgrenzen, und zwar folgende: Sc_2^+, Nb_{12}^-, Tc_{13}^-, Ag_{14}^-, La_{22}^+, Pm_{24}^-, Au_{38}^-. Die Indizes bedeuten Neutronenüberschüsse. Da bekanntlich der K-Effekt in vielen Fällen dem β-Zerfall folgt, wurde auch die Verteilung der K-aktiven Isotope in die Betrachtungen einbezogen, die sich jedoch nicht so gut in die Abgrenzung einfügen. Von den in 225-K-aktiven Isotopen[2]) weichen 8 Isotope (und zwar wiederum *nur*) ungerader Elemente (oder etwa 3%) mit mehr als einer Einheit von der β-Linie ab, und zwar folgende: K_2, K_4, Br_{12}, J_{22}, La_{24}, Eu_{28}, Ho_{29}, Lu_{34}.

Vorstehende Betrachtungen über die Verteilung des $^-\beta$- und des $^+\beta$-Zerfalls bestätigen, daß *typische Kerneigenschaften* wie der radioaktive Zerfall einer *Gesetzmäßigkeit* folgen, die der Verteilung der *typischen chemischen Eigenschaften* auf das System der Elemente entspricht.

Stockholm Djursholm.

S. K. ASUNMAA und RICHARD LEPSIUS.

Eingegangen am 9. Februar 1955.

*) XIII. Mitteilung.

[1]) LEPSIUS, R., u. S. K. ASUNMAA: Naturwiss. (a) **39**, 477 (1952;) (b) **41**, 224 (1954); (c) **41**, 367 (1954).
[2]) Nuclear Data, Washington (1950) and supplements (1951, 1952).

Einige Verbesserungen für das Matrizenabdruckverfahren von Faserstoffen bei elektronenoptischen Untersuchungen.

Feine Lufthäute verhindern oft, daß ein Polystyrolabdruck sich genügend dicht an das abzubildende Objekt anlegen kann[1]). Wir haben zwei sehr einfache Verfahren entwickelt, um den Abdruck unter *Vakuum* vornehmen zu können. *Verfahren 1.* Den Boden einer Glasfritte von etwa 150 ml Fassungsvermögen bedeckt man mit einer Membran aus nach oben sehr glattem Gummi so, daß der Gummi an der Glaswandung überall etwa 5 mm anliegt. In die Mitte der Membran hat man ein rundes Loch von 3 cm geschnitten. Dahin legt man das Objekt, darauf das Polystyrolscheibchen und darüber eine Scheibe aus dem gleichen Gummi, die das Loch allenthalben überdeckt. Über eine stabile Saugflasche schließt man die Fritte an das Vakuum einer Rotationspumpe an. Nach 10 min füllt man die Glasfritte mit 170° C heißem Glycerin und beläßt dieses bis zur Abkühlung auf 100° C. Dann gießt man das Glycerin ab, füllt die Fritte mit kaltem Wasser und läßt das Polystyrol während 5 min erhärten.

Verfahren 2. Ein Rechteck von 15 × 7 cm etwa 1 mm dicken Gummis durchbohrt man am Schnittpunkt der Diagonalen mit einem heißen Draht und zwängt ein Glasrohr hindurch, das etwa 2 cm durchragt. Vor dieses Rohrende legt man auf den Gummi ein 2 × 2 cm großes Scheibchen aus gesintertem Glas, dessen untere Kanten abgerundet sind, darauf das Objekt, das Polystyrolscheibchen, ein 2 mm dickes Gummischeibchen und darauf ein Stahlscheibchen. Schließt man nun das Glasrohr an das Rotationspumpenvakuum an und legt die freigebliebene Gummihälfte über die das Objekt tragende, so wird sich die Gummimembran von beiden Seiten fest um Objektvorrichtung und Glasrohr legen. Längs der Faltkante schneidet man vorher den Gummi von beiden Seiten her etwa 2 cm tief ein. Man schlägt nun die 4 Ecken des Gummis über der Objektvorrichtung zusammen und spannt über alles eine Schraubzwinge, deren Druck erstens die Gummihaut dichter schließt, zum anderen es ermöglicht, den Abdruck unter höherem Druck als 1 atm/cm² zu nehmen. Nach einigen Minuten hängt man das Ganze 10 min in 150° heißes Glycerin, danach in kaltes Wasser, und anschließend kann unter Aufhebung des Vakuums der feste Polystyrolabdruck entnommen werden.

Zur Herstellung der Polystyrolfolien auf Glasplatten fanden wir Trichloräthylen als Lösungsmittel für Polystyrol sehr geeignet. Hat man cellulosisches Fasermaterial abgedrückt, so können die meist zahlreich am Polystyrol haftenden Reste am besten durch Verzuckern der Cellulose in 50 ml überkonzentrierter Salzsäure (mindestens 38%ig, durch Einleiten von HCl-Gas in konzentrierte Salzsäure herstellen) + 5 ml konzentrierter H_2SO_4 entfernt werden. Verbleibende Ligninskelette lassen sich unter einem scharfen Wasserstrahl mühelos abspülen.

Institut für Cellulosechemie der Technischen Hochschule, Darmstadt (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. Jayme).

G. Hunger und G. Jayme.

Eingegangen am 28. März 1955.

[1]) Kassenbeck, P.: Z. wiss. Mikroskop. mikroskop. Techn. **62**, 200 (1955).

Die Bestimmung von kleinen Mengen Ammoniak in Gasgemischen.

Wenn wir ammoniakhaltiges Gas nach Airola und Pekkarinen durch eine NH_4Cl-Lösung leiten, stellt sich ein Gleichgewicht zwischen dem Ammoniak in der flüssigen und der Gasphase ein. Es gilt die Gleichung:

$$\overline{\overline{NH_4^+}} \cdot \overline{\overline{OH'}} / P_{NH_3} = k$$

oder

$$\log P_{NH_3} + \log H^{\cdot} = \log \frac{k_w}{k} \cdot f_{NH_4^+} \cdot \overline{\overline{NH_4^+}} = \log C,$$

wo P_{NH_3} der Ammoniakdruck, $\overline{\overline{OH'}}$, $\overline{\overline{H^+}}$, $\overline{\overline{NH_4^+}}$ die Aktivitäten und $\overline{NH_4^+}$ die Konzentration der betreffenden Ionen bedeuten und wo $f_{NH_4^+}$ der Aktivitätskoeffizient der NH_4^+-Ionen ist. k_w und k sind Konstanten. Beim Durchleiten einer ammoniakhaltigen Gasmischung durch eine 1-molare NH_4Cl-Lösung bleibt der Ausdruck für C konstant, und zwar:

$$+ \log C = -11{,}11 \text{ bei } 25^\circ\,C,$$

welcher Wert mit einem bekannten NH_3-Druck und dem zugehörigen p_H-Wert ermittelt wurde.

Um das Gleichgewicht schnell zu erreichen, haben wir zuerst Luft durch die NH_4Cl-Lösung bis zu p_H 6 und dann das Gas und die Lösung durch dieselbe Kapillare geleitet. Für die Ausführung der Bestimmung sind etwa 0,4 ml NH_4Cl-Lösung, 0,7 Liter Gas und 30 min Zeit nötig. Die Genauigkeit der Messung ist etwa ±2,3% bei $\Delta p_H = \pm 0{,}01$. Man leitet also das zu untersuchende ammoniakhaltige Gas durch eine 1-molare NH_4Cl-Lösung bei 25° C bis zum Erreichen des Gleichgewichtes und bestimmt das p_H. Der Ammoniakdruck wird aus der Gleichung: $\log P_{NH_3} = p_H - 11{,}11$ berechnet.

Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, Ankara.

Yrjö Kauko*) und Saadet Döger.

Eingegangen am 2. April 1955.

*) Jetzige Anschrift: Kasernenstr. 18A, Helsinki (Finnland).

Über Anomalien bei der Bestimmung primärer Aminogruppen mittels salpetriger Säure.

Bekanntlich treten bei der Bestimmung der primären Aminogruppe mit salpetriger Säure (s. S.) nach van Slyke bei gewissen Verbindungen Anomalien auf, d.h., man findet zufolge von Sekundärreaktionen ein größeres Stickstoffvolumen als berechnet. Zuerst wurde dies bei gewissen Aminosäuren (Gly, Cys, Ser, Try und Tyr) beobachtet[1]), später auch bei Verbindungen, die gar keine primäre Aminogruppe haben[2]). Unsere Untersuchungen, ausgeführt mit der bereits früher beschriebenen Apparatur[3]), zeigen, daß man bei folgenden Verbindungsklassen Anomalien zu erwarten hat:

1. *Isonitrosoverbindungen:* diese werden durch s. S. unter Stickstoff- und Distickstoffoxyd-Entwicklung allmählich zersetzt. — 2. *Verbindungen mit aktivierter Methylengruppe:* werden durch s. S. nitrosiert und geben die Anomalie von 1. Eine aktivierte Methylengruppe kann auch sekundär bei der Desaminierung entstehen: so bildet sich aus Glycin zum Teil Nitroessigsäure[4]), aus Serin Formylessigsäure[5]). — 3. *Halogenessigsäuren:* werden in Nitroessigsäure übergeführt, die nach 2 reagiert. — 4. *Phenole* mit freier o- oder p-Stellung sowie *Nitrosophenole:* erstere geben mit s. S. Nitrosophenole, die in der tautomeren Isonitrosoform nach 1 weiterreagieren. UV-Licht begünstigt die Umlagerung, wie bei Tyrosin gezeigt wurde[6]); bei Substitution des Wasserstoffs der phenolischen Hydroxylgruppe bleibt die Anomalie aus. — 5. Durch s. S. oxydierbare *Schwefelverbindungen:* z.B. Cystin. — 6. Fünfgliedrige *Heterozyklen mit Harnstoffgruppierung* (2-Oxo-Imidazolidine): z.B. Harnsäure, Parabansäure, Hydantoin. Hingegen zeigen sechsgliedrige Heterozyklen mit Harnstoffgruppierung (z.B. Alloxan) keine Anomalie. — 7. *Indol-* und *Oxindolverbindungen:* geben mit s. S. beträchtliche Mengen Stickstoff; ausgenommen sind solche Verbindungen, die in α- und β-Stellung oder am Iminostickstoff substituiert sind.

Trotz der Vielfalt der oben angeführten anomal reagierenden Stoffe haben wir den vom analytischen Standpunkt aus wichtigen Versuch unternommen, bei unbekannten Analysensubstanzen eventuell auftretende Anomalien zu erkennen (a) und gegebenenfalls auszuschalten (b).

Zu (a): Eine *Unterscheidung* gelingt durch Aufnahme des Desaminierungsverlaufes mit verdünnter und mit konzentrierter Nitritlösung. Bei konzentrierter Nitritlösung, wie sie z.B. van Slyke verwendet (etwa 500facher Überschuß an Nitrit), treten die Anomalien bereits stark hervor, während sie bei verdünnter Nitritlösung (z.B. 20facher Überschuß) weitgehend zurückgedrängt sind; andererseits ist die letztere Konzentration durchaus ausreichend, um die meisten primären Aminogruppen zu erfassen.

Zu (b): Eine *Ausschaltung* der Anomalien scheint nur beim Umsatz mit verdünnter Nitritlösung möglich. Hierbei ist es zweckmäßig, der Nitritlösung Jodid zuzusetzen, das zum Teil sicher so wirkt, daß es die Konzentration an freier s. S. herabsetzt. Bei Anwesenheit von Phenolen sowie von Substanzen mit aktivierter Methylengruppe empfiehlt sich, vor der Diazotierung Brom zuzugeben.

Analytische Einzelheiten werden an anderer Stelle veröffentlicht.

II. Chemisches Laboratorium der Universität, Wien.

G. Kainz und F. Schöller.

Eingegangen am 24. Februar 1955.

[1]) Van Slyke, D. D.: In E. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 1, Teil 7, S. 263. Wien: Urban & Schwarzenberg 1925. Siehe auch Schmidt, C. L. A.: J. of Biol. Chem. **82**, 587 (1929). — Wieland, Th.: Fortschr. chem. Forsch. **1**, 219 (1950).

[2]) Schenk, M.: Z. physiol. Chem. **282**, 88 (1947). — Abdel-Akher, M. A., u. W. M. Sandström: Arch. of Biochem. **30**, 407 (1951).

[3]) Kainz, G.: Mikrochim. Acta [Wien] **1953**, 349.

[4]) Austin, A. T.: J. Chem. Soc. [London] **1950**, 149.

[5]) Bettziehe, F.: Z. physiol. Chem. **150**, 180, 186 (1925).

[6]) Fraenkel-Conrat, H.: J. of Biol. Chem. **148**, 453 (1943).

Zur Bildung aromatischer Kohlenwasserstoffe während des Rauchprozesses.

Die Frage eines Zusammenhanges zwischen Rauchen und Krebs, speziell Lungenkrebs, ist in den letzten Jahren wieder stark diskutiert worden[1]). Dabei ging die Behauptung, daß beim Rauchprozeß das cancerogene 3,4-Benzpyren entstünde, über die experimentelle Fundierung hinaus. Die Methode von ROFFO[2]), der durch trockene Destillation von Tabak einen Teer erhielt, in dem 3,4-Benzpyren nachgewiesen werden konnte, weicht von den Bedingungen des Rauchprozesses zu sehr ab. Erst Ende 1954 wiesen englische Autoren[3]) im Kondensat des Rauches von Zigaretten, die mit Hilfe einer Rauchmaschine geraucht wurden, 3,4-Benzpyren (1 γ aus dem Rauch von 100 Zigaretten) neben Anthracen und Pyren durch ihre Ultraviolettabsorptionsspektren nach. Wir verwendeten als Ausgangsmaterial die nach dem Rauchen von Zigarren verbleibenden Reststücke. Das Material wurde erschöpfend mit Aceton extrahiert, der Rückstand des Acetonextraktes aus ätherischer Lösung von basischen und sauren Anteilen befreit und der neutrale Anteil durch Adsorption an Aluminiumoxyd aus verschiedenen Lösungsmitteln fraktioniert. Nach Abtrennung von Begleitstoffen konnten schließlich durch wiederholte Adsorption aus Cyclohexan Fraktionen aromatischer Kohlenwasserstoffe erhalten werden. Durch ihre charakteristischen Banden im Ultraviolettabsorptionsspektrum konnten Anthracen, Pyren, 1,2-Benzanthracen, 1,2-Benzpyren und 3,4-Benzpyren identifiziert werden (insgesamt etwa 300 γ aromatische Kohlenwasserstoffe aus den Reststücken von 100 Zigarren). Da aus nichtgerauchten Zigarren nach gleicher Fraktionierungsmethode keine aromatischen Kohlenwasserstoffe erhalten wurden, bilden diese sich unter den Bedingungen des Rauchprozesses.

Institut für experimentelle Krebsforschung der Universität, Heidelberg, Voßstraße 3.

HANS LETTRÉ und ALEX JAHN.

Eingegangen am 25. März 1955.

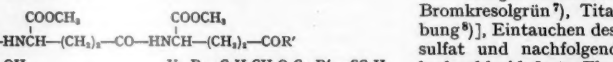
[1]) LICKINT, F.: Ätiologie und Prophylaxe des Lungenkrebses als ein Problem der Gewerbehygiene und des Tabakrauches. Dresden: Theodor Steinkopff 1953. — OETTEL, W.: Arzneimittel-Forsch. 4, 691 (1954). — WYNDER, E. L., E. A. GRAHAM u. A. B. CRONINGER: Cancer Res. 13, 855 (1953).

[2]) ROFFO, A. H.: Z. Krebsforsch. 49, 588 (1939).

[3]) COMMINS, B. T., R. L. COOPER u. A. J. LINDSEY: Brit. J. Canc. 8, 296 (1954). — COOPER, R. L., A. J. LINDSEY u. R. E. WALLER: Chem. a. Industr. 1954, 1418.

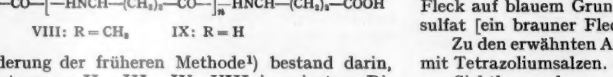
Synthesen der γ-Poly-L-glutaminsäure.

Es wurde vor kurzem[1]) unabhängig von WALEY[2]) darauf hingewiesen, daß der γ-L-Glutamyl-L-glutaminsäure-$\alpha.\alpha'$-dimethylester (I) eine geeignete Schlüsselsubstanz zur Synthese der γ-Poly-L-glutaminsäure (IX) darstellt. Die in der vorangehenden Mitteilung[1]) angegebene Methode der Umsetzung von I bzw. II zum Polyester VIII wurde jetzt sinngemäß abgeändert, weiterhin noch zwei andere Wege der Polymerisation mit Erfolg erprobt.



I: R = H; R' = OH
II: R = $C_6H_5CH_2O_2C$; R' = OH
III: R = $C_6H\ CH_2O_2C$; R' = $OCO_2C_2H_5$
IV: R = H; R' = $OCO_2C_2H_5$

V: R = $C_6H_5CH_2O_2C$; R' = SC_6H_5
VI: R = H; R' = SC_6H_5
VII: R = C_6H_5SOC; R' = OH



VIII: R = CH_3 IX: R = H

Die Abänderung der früheren Methode[1]) bestand darin, daß die Umsetzungen II → III → IV → VIII in reinstem Dimethylformamid unter fortwährender Entfernung des bei der Hydrogenolyse (III → IV) und bei der Polymerisation (IV → VIII) gebildeten Kohlendioxyds vorgenommen wurden. Da auch der Polyester VIII in Dimethylformamid löslich ist, ließ sich eine hochgradige Polymerisation durchführen.

Die *zweite* Synthese des Polyesters VIII nahm folgenden Weg: II wurde über das gemischte Anhydrid III mit Thiophenol zu V (Schmp. 134 bis 135°) umgesetzt, aus diesem auf übliche Art[3]) das Hydrobromid von VI bereitet, das dann durch Einwirkung von Triäthylamin polymerisiert werden konnte[4]). Die *dritte* Synthese bediente sich der Polymerisationsmethode von NOGUCHI und HAYAKAWA[5]). Das Derivat VII, dessen Bereitung aus I mit Chlorthiokohlensäurephenylester angestrebt wurde, ließ sich zwar nicht in einheitlichen und kristallinen Zustand bringen, doch war es in heißer Pyridin-Benzollösung zu VIII polymerisierbar.

Nach alkalischer Verseifung des Polyesters VIII ließ sich die γ-Poly-L-glutaminsäure (IX) über ihr schwer lösliches Kupfersalz absondern bzw. freisetzen und fiel nach der Gefriertrocknung ihrer dialysierten wäßrigen Lösung als eine schneeweiße Substanz an, die befriedigende Analysendaten aufwies. Sie ist in Wasser sehr leicht löslich und zeigt keine Biuretreaktion; ihre Ninhydrinreaktion ist (am Papier getestet) im Vergleich zur Glutaminsäure nur schwach positiv (Empfindlichkeitsgrenze bei der Glutaminsäure 0,5 γ, bei der γ-Poly-L-glutaminsäure 50 bis 100 γ). All diese Eigenschaften kommen auch der natürlichen Poly-D-glutaminsäure[6]) zu.

Die Synthese der γ-Poly-D-glutaminsäure ist unter Bearbeitung. Sie soll mit der natürlichen Poly-D-glutaminsäure[6]), in der nur γ-Glutamylbindungen nachweisbar waren[7]), chemisch und serologisch verglichen werden.

Eine ausführliche Mitteilung erscheint an anderer Stelle.

Budapest, Organisch-Chemisches Institut der Universität.

V. BRUCKNER, J. WEIN, H. NAGY, M. KAJTÁR und J. KOVÁCS.

Eingegangen am 14. März 1955.

[1]) BRUCKNER, V., J. KOVÁCS, H. NAGY u. M. KAJTÁR: Naturwiss. 41, 528 (1954). — Acta chimica [Budapest] (im Druck).

[2]) WALEY, S. G.: Chem. a. Ind. 1954, 1148.

[3]) SCHWYZER, R.: Helv. chim. Acta 37, 155 (1954).

[4]) WIELAND, TH., u. H. BERNHARD: Liebigs Ann. Chem. 582, 218 (1953).

[5]) NOGUCHI, J., u. T. HAYAKAWA: Amer. Chem. Soc. 76, 2846 (1954).

[6]) IVÁNOVICS, G., u. V. BRUCKNER: Naturwiss. 25, 250 (1937). — Z. Immun.forsch. 90, 304; 91, 175 (1937). — BOVARNICK, M.: J. of Biol. Chem. 145, 415 (1942). — HANBY, W. E., u. H. N. RYDON: Biochemic. J. 40, 297 (1946).

[7]) KOVÁCS, J., u. V. BRUCKNER: Chem. Soc. 1952, 4255. — BRUCKNER, V., J. KOVÁCS u. H. NAGY: Chem. Soc. 1953, 148. — BRUCKNER, V., J. KOVÁCS u. I. KANDEL: Naturwiss. 40, 243 (1953). — BRUCKNER, V., J. KOVÁCS u. G. DÉNES: Nature [London] 172, 508 (1953).

Bestimmung der Ascorbinsäure mit Tetrazoliumsalzen.

Aus der Literatur sind bereits mehrere Reagentien zur Sichtbarmachung der Flecke von Ascorbinsäure auf Papierchromatogrammen bekannt. Gewöhnlich benützt man ammoniakalische Lösung von $AgNO_3$[1]) oder 2,6-Dichlorphenolindophenol[2]). Diese Reagentien gehören zu den empfindlichsten auf diesem Gebiet. Mit dem erstgenannten reagieren alle reduzierenden Substanzen sofort, wobei ein schwarzbrauner Fleck entsteht. 2,6-Dichlorphenolindophenol hingegen ist spezifisch, es bildet sich ein weißer Fleck auf rosa oder blauem Grunde je nach dem p_H. Bei anderen Arten der Sichtbarmachung verwendet man Jodstärkelösung [weiße Flecke auf blauem Hintergrunde[3])], Ammoniummolybdat [blaue Flecke[4])], Kakothelin [violette Flecke[5])], Kaliumferricyanid [violette Flecke[6])]. Von den weniger benützten Reagentien erwähnt die Literatur Bromkresolgrün[7]), Titanchlorid [ziegelrote bis blutrote Färbung[8])], Eintauchen des Chromatogramms in Ferriammoniumsulfat und nachfolgendes Bespritzen mit o-Phenanthrolinhydrochlorid [rote Flecke[9])], Benzidin in einer Lösung von 20% Essigsäure und 80% Äthanol oder Phloroglucin in einer Lösung von 90% Äthanol und 10% Trichloressigsäure [ein braungelber Fleck nach dem Erwärmen bei 105° C[10])], 1%ige Lösung von 3,4-Dinitrobenzoesäure in 2 n Na_2CO_3 [ein brauner Fleck auf blauem Grunde[11])], 6-Oxy-2,4,5-triaminopyrimidinsulfat [ein brauner Fleck auf gelbem Grunde[12])].

Zu den erwähnten Arten tritt eine weitere Sichtbarmachung mit Tetrazoliumsalzen. Die Benützung von Tetrazoliumsalzen zur Sichtbarmachung anderer reduzierender Substanzen, z. B. Zucker, Corticoiden u. a.[13]) ist bereits bekannt; unter gewissen Bedingungen ist sogar die quantitative Bestimmung der reduzierenden Substanzen nach der Elution aus dem Papierchromatogramm möglich. Da wir festgestellt haben, daß man Ascorbinsäure papierchromatographisch leicht mit 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid sichtbar machen kann, beschäftigten wir uns mit der quantitativen kolorimetrischen Bestimmung nach dem Auswaschen aus Papier.

Wir verwendeten 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid (als TTC bezeichnet) und 2,2'-p(Di-o-methoxy)-diphenylen-3,3'-5,5'-tetraphenyl-ditetrazoliumchlorid (BT). Zur Sichtbarmachung der Flecke bereitet man eine 0,5%ige Lösung von TTC oder BT, welche unmittelbar vor dem Besprühen mit dem

gleichen Teil n-NaOH vermischt wird. Mit TTC entstehen rote Flecke, mit BT blaue Flecke auf weißem Grunde. Die Flecke treten gleich nach dem Bespritzen des Chromatogramms hervor, wogegen sie bei Zuckern erst nach dem Erwärmen im Trockenschrank sichtbar werden. Die Entwicklung des Chromatogramms erfolgt absteigend oder bei Anwendung von Rundfiltertechnik in den üblichen Lösungsmittelsystemen, am besten in n-Butanol-Essigsäure-Wasser (4:1:5). Das Papier Whatman Nr. 1 wird zunächst mit Komplexon ausgewaschen. Auch bewährte sich die Imprägnierung des Papiers mit 2%iger Citronensäure und anschließendes Trocknen. Besonders geeignet erscheint uns die Rundfilterchromatographie in einer Wasserstoffatmosphäre, wie von ULMANN empfohlen wird[14]).

Infolge der Anwesenheit verschiedener reduzierender Stoffe im biologischen Material sind Tetrazoliumsalze nicht als spezifisches Reagens zu betrachten. Nichtsdestoweniger ergeben sich einige Vorteile, die zur Diskussion stehen. In pharmazeutischen Präparaten, die keine reduzierenden Stoffe enthalten, läßt sich Ascorbinsäure kolorimetrisch auf ähnliche Weise wie manche Zucker (Glucose, Fructose) bestimmen. Anders ist es mit der Bestimmung von Vitamin C in Obst und Gemüse, die außer Ascorbinsäure noch andere reduzierende Stoffe enthalten (Zucker, Reducton u. a.). Jedoch ist hier von Vorteil, daß alle reduzierenden Komponenten auf einmal sichtbar gemacht werden können. In den üblichen Lösungsmittelsystemen unterscheidet sich der R_f-Wert der Ascorbinsäure wesentlich von dem des Zuckers und anderer reduzierender Substanzen. Am Chromatogramm ist die Empfindlichkeit 15 bis 20 µg Ascorbinsäure bei Verwendung von TTC, bei BT ist sie etwas höher (10 µg). Da die Vitamin C-Bestimmung im biologischen Material verschiedenartige Schwierigkeiten aufweist, ergibt sich hier eine neue Möglichkeit für die quantitative kolorimetrische Bestimmung kleiner Mengen Vitamin C nach dem Auswaschen aus Papier.

Forschungsinstitut für Pharmazie und Biochemie und Fakultät für Lebensmitteltechnologie der Technischen Hochschule, Prag (Tschechoslowakei).

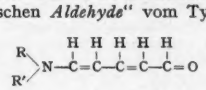
ZDENĚK PÁDR, MILOŠ ŠMÍD und VLADISLAV ŠÍCHO.

Eingegangen am 2. April 1955.

[1]) PATRIDGE, S. M.: Biochem. Soc. Symposia **3**, 52 (1948). — Biochemic. J. **42**, 238 (1948).
[2]) MAPSON, L., u. S. M. PATRIDGE: Nature [London] **164**, 479 (1949).
[3]) PROCHÁZKA, Z., u. S. KOŘÍSTEK: Collection **16**, 66 (1951). — Chem. Listy **45**, 272 (1951).
[4]) HEIMANN, W., u. Mitarb.: Z. Lebensm.-Unters. u. Forsch. **97**, 263 (1953).
[5]) TEGETHOFF, B.: Z. Naturforsch. **8b**, 374 (1953).
[6]) GOLDENBERG, M.: Amer. J. Med. **10**, 627 (1951).
[7]) EULER, M. v., u. H. HASSELQUIST, Ark. Kemi **4**, 169 (1952).
[8]) WEYGAND, F., u. E. SCENDES: Ber. chem. Ges. **85**, 45 (1952).
[9]) BODE, F., u. J. HÜBNER: Nature [London] **170**, 501 (1952).
[10]) HORROCKS, R. H.: Nature [London] **164**, 444 (1949).
[11]) MANNING, G. B.: Lancet **1949**, 1042.
[12]) WEYGAND, F., u. H. HOFMANN: Ber. chem. Ges. **83**, 405 (1950).
[13]) WALLENFELS, K., u. W. CHRISTIAN: Angew. Chem. **65**, 459 (1953). — FISCHER, F. G., u. H. DÖRFEL: Hoppe-Seylers Z. **297**, 164 (1954). — HOFMANN, H., u. HJ. STAUDINGER: Naturwiss. **38**, 213 (1951).
[14]) ULMANN, M.: Pharmazie **9**, 523 (1954).

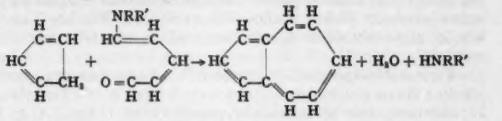
Eine neue Azulen-Synthese.

Im Zuge der Arbeiten über Polymethinfarbstoffe, die seit langem in dem unterzeichneten Institut durchgeführt werden, wobei vielfach Derivate des Glutakondialdehyds, insbesondere die sog. „ZINCKEschen *Aldehyde*" vom Typus



Verwendung finden, ist mit Hilfe solcher Aldehyde eine neue Synthese für das *Azulen* verwirklicht worden, die in bezug auf Einfachheit und Durchsichtigkeit ihres Verlaufes bemerkenswert ist. Sie vermeidet — im Gegensatz zu den bekannten Azulen-Synthesen — den Aufbau wasserstoffreicher, später zu dehydrierender Vorprodukte, liefert unmittelbar ein über die Kombination eines Fünf- mit einem Siebenring hinweglaufendes geschlossenes konjugiertes Polyensystem und erbringt dadurch einen besonders schlüssigen Beweis für die heute allgemein angenommene Konstitution des interessanten blauen Kohlenwasserstoffs.

Die Synthese besteht in der — wahrscheinlich zunächst über ein entsprechendes Fulvenderivat hinweg verlaufenden — Kondensation eines ZINCKEschen Aldehyds mit Cyklopentadien im Sinne des Schemas:



Arbeiten über den Ausbau des Verfahrens sind nach verschiedenen Richtungen hin im Gange. Ausführlicheres wird später an anderer Stelle mitgeteilt werden.

Institut für Farben- und Textilchemie der Technischen Hochschule, Dresden.

HARALD RÖSLER und W. KÖNIG.

Eingegangen am 4. April 1955.

Die papierchromatographische Analyse von Mäuse-Seren *).

Die papierelektrophoretischen Serumanalysen bei gesunden und mit *Trypanosoma brucei* infizierten weißen Mäusen eines Inzuchtstammes ließen Konzentrationsverschiebungen ein-

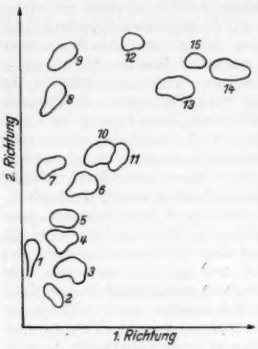


Fig. 1.

Fig. 1. Normaltier. *1* Cystin/Cystein, *2* Asparaginsäure, *3* Glutaminsäure, *4* Serin, *5* Glycin, *6* Threonin, *7* Oxylysin, *8* Lysin, *9* Arginin, *10* Alanin, *11* Tyrosin, *12* Prolin, *13* Valin, *14* Leucin-Isoleucin, *15* Phenylalanin.

Fig. 2. 4. Tag post inf. *S* Konzentration schwächer; *St* Konzentration stärker.

Fig. 3. 7. Tag post inf. Maus: ante finem.

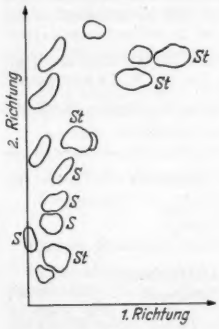


Fig. 2.

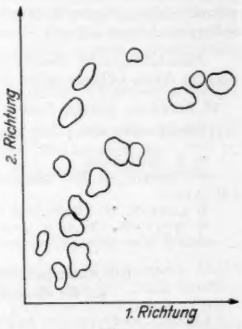


Fig 3.

zelner Proteinfraktionen erkennen[1]). In Fortführung dieser Arbeit wurden Bausteinanalysen des Serumeiweißes gesunder Tiere desselben Stammes mit Hilfe der Papierchromatographie durchgeführt[2]). Welche Bedeutung die freien Aminosäuren im Organismus haben, hat WULF[3]) in einer sehr aufschlußreichen Zusammenfassung mit umfangreicher Literaturangabe dargelegt. — Nun bestehen sicherlich sehr enge Beziehungen zwischen diesen *freien* Aminosäuren (z. B. im Urin, Ascites, Plasma usw.) einerseits und den in den Eiweißkolloiden (z. B. des Serums) *gebundenen* Aminosäuren andererseits.

Die vorliegende Arbeit soll zur Klärung dieser Verhältnisse beitragen. Es sollte geprüft werden, ob gleichzeitig mit einer infektionsbedingten Proteinverschiebung (s. oben) *qualitative* Veränderungen in der Aminosäurezusammensetzung der Serumeiweiße eintreten und hierdurch eine genauere Definition der Blutproteinreaktionen möglich wird. Die Analysen an Seren gesunder Mäuse wurden mit denen an Seren infizierter Tiere verglichen. Hierbei wurden zunächst die im

Blutplasma vorhandenen freien Aminosäuren nicht berücksichtigt. Infiziert wurden die Mäuse mit *Trypanosoma brucei*. Die Kontrollen erfolgten alle 24 Std, die Blutentnahme durch Herzpunktion. Bei derartigen Eingriffen und Blutverlusten bis zu 0,5 cm³ konnte jedes Tier natürlich nur einmal untersucht werden. Daher mußte alle 24 Std ein frisches Tier, so wie in einer früheren Arbeit beschrieben wurde[1]), verwandt werden.

Versuchsbedingungen. In insgesamt 4 Versuchsreihen wurden jeweils 8 Mäuse gleichzeitig und gleich stark (etwa 80000 Tryp./Maus) s.c. infiziert. Die Serumanalysen wurden vom 1. Tag p.i. an bis zum Exitus der Versuchstiere alle 24 Std durchgeführt. Die gewonnenen Seren konnten innerhalb 60 bis 70 Std bei 37 bis 40° C fermentativ aufgespalten werden. (3 %ige Trypsinlösung; Serum: Trypsin = 1:3.) Die Chromatogramme wurden nach dem zweidimensionalen Verfahren auf 30×30 cm Filterbogen (Sch. & Sch. 2045b) hergestellt. (1. Richtung: n-Butanol/Eisessig/H_2O (40 + 10 + 10); 2. Richtung: 80 %iges Phenol + NH_3; Reagenzien: Fluoreszenzlampe, Ninhydrin und übliche Spezialfärbungen.

Aus Platzmangel können nur wenige Chromatogramme abgebildet werden (Normaltier, 4 Tage p.i. und 7 Tage p.i.). Zur Bestimmung der Aminosäuren konnten die früher[2]) genannten *Rf*-Werte neben den Kontrollsubstanzen herangezogen werden. Das Chromatogramm Fig. 3 gibt die Verhältnisse bei einer Maus am 7. Tag p.i., ante finem, bei Eintritt von Lauf- und Streckkrämpfen wieder.

Ergebnis. Ein Ausfall von im Normaleiweiß vorhandener A. S. konnte zu den untersuchten Zeitpunkten des Infektionsverlaufes nicht nachgewiesen werden. Ebenso waren keine neu auftretenden A. S. feststellbar. Demnach scheint die T.-Infektion *keine qualitativen* Veränderungen im Proteinaufbau des Gesamtserums zu bewirken. Auf Grund der Farbintensitäten konnten jedoch zum Teil erhebliche *quantitative* Veränderungen der einzelnen Aminosäuren beobachtet werden. Ein Absinken der Konzentration war besonders auffällig beim Serin, Glycin und Threonin (Cystin/Cystein wechselnd). Hingegen war eine Zunahme bei der Glutaminsäure, dem Alanin, Valin und Leucin/Isoleucin festzustellen (Fig. 2). Erstaunlich ist jedoch, daß bei den Chromatogrammen des gerade verendenden Tieres und den anderen kurz vor dem Exitus stehenden Tieren, der Farbintensität nach zu urteilen, keine Unterschiede zu dem Normalbild mehr erkennbar waren (Fig. 3). Die Klärung der Frage nach den Veränderungen der Aminosäurekonzentrationen in den einzelnen Serumfraktionen mit Hilfe einer Kombination von Papierelektrophorese und Papierchromatographie soll Gegenstand einer weiteren Arbeit sein.

Parasitologische Abteilung, Zoologisches Institut der Universität Bonn (Abteilungsleiter: Prof. Dr. Dr. R. Lehmensick).

H. Olberg, jetzige Anschrift: Wiesbaden, Lyssia-Werke.

Eingegangen am 5. Februar 1955.

*) II. Mitteilung.

[1]) Olberg, H.: Zbl. Bakteriol., Parasitenkunde u. Inf.krkh. **162**, 120 (1955).

[2]) Olberg, H.: Naturwiss. **41**, 359 (1954).

[3]) Wulf, W.: Medizin heute **7**, 407 (1954).

Das Aktionsspektrum des Lichteinflusses auf die Keimung von Farnsporen.

Orth[1]) untersuchte 1937 die Keimung von Farnsporen in verschiedenen Spektralbereichen. Er fand dabei mehrere Förderungs- und Hemmungsbereiche. Seine Resultate wurden unter Verwendung von Schott-Farbgläsern gewonnen. Diese Filter erlauben aber nicht eine so gute Isolierung schmaler Spektralbereiche, daß Rückschlüsse auf die absorbierenden Pigmente gezogen werden könnten. Daher unternahmen wir neue Untersuchungen unter Verwendung von Interferenzfiltern. Versuchsobjekt waren die Sporen von *Dryopteris filix-mas*. Die Temperatur betrug 20°, die Lichtintensität 200 erg/cm²/sec. Der Bereich von 400 bis 1100 mμ wurde mit 25 Filtern geprüft. Keimung erfolgte nur bei Wellenlängen zwischen 510 und 700 mμ, optimal bei 670 mμ (Fig. 1), nicht zwischen 400 und 500 sowie zwischen 700 und 1100 mμ.

Um zu prüfen, ob in den nicht keimungsfördernden Bereichen auch hemmende Lichtqualitäten liegen, wurde mit Rotlicht (Maximum bei 679 mμ) so lange vorbelichtet, daß ein bestimmter Keimprozentsatz (z. B. 70 %) erreicht wurde. Dann wurde mit einer der nicht fördernden Qualitäten bestrahlt. Es ergab sich eine schwache Hemmung durch Blaulicht, die aber noch einer statistischen Sicherung bedarf, sowie eine stärkere Hemmung durch äußerstes Rot bzw. nahes Infrarot mit einem Maximum bei etwa 730 mμ (vgl. Fig. 2).

Das Aktionsspektrum entspricht also weitgehend dem für Lichteinflüsse auf die Samenkeimung, für photoperiodische

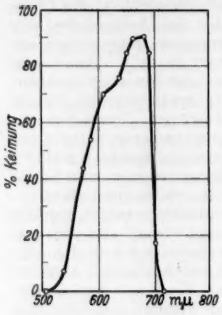


Fig. 1. Aktionsspektrum der Keimungsförderung durch Licht bei Sporen von *Dryopteris filix-mas*. Dauer der Bestrahlung jeweils 72 Std, Auswertung 7 Tage nach Versuchsbeginn.

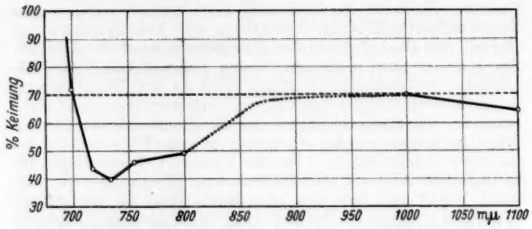


Fig. 2. Keimungshemmung der Sporen durch 48 Std lange Einwirkung von langwelligem Rot bzw. Infrarot nach vorhergehender Hebung der Keimbereitschaft durch 48 Std lange Rotbestrahlung auf 70 %; unter der gestrichelten Linie liegende Werte bedeuten also Keimungshemmung. Feststellung der Ergebnisse 7 Tage nach Versuchsbeginn.

Reaktionen und für einige andere Lichtreaktionen ermittelten[2]), so daß man für alle diese Reaktionen das gleiche absorbierende Pigmentsystem vermuten darf. Die Untersuchungen werden vom zweitgenannten Autor fortgesetzt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die gewährte Unterstützung.

Botanisches Institut der Universität, Tübingen.

E. Bünning und H. Mohr.

Eingegangen am 22. Februar 1955.

[1]) Orth, R.: Jb. wiss. Bot. **84**, 358 (1937).

[2]) Borthwick, H. A., S. B. Hendricks, E. H. Toole u. V. K. Toole: Bot. Gaz. **115**, 205 (1954).

Serologisch spezifische Adsorbentien.

Die Reinigung einer Lösung von einem darin enthaltenen Antigen und seine Anreicherung oder Neutralisation kann in mehrfacher Hinsicht praktische und theoretische Bedeutung haben. Während Antikörper mit Hilfe von Antigenharzen durch Isliker[1]) gereinigt wurden, sind uns Untersuchungen über das Verhalten von chemisch an feste Substanzen gebundenen Antikörpern nicht bekannt geworden. Die Synthese solcher Antikörperharze ist auch für den Chemiker von besonderem Interesse, da Antikörper als spezifische chemische Reagenzien benutzt werden können[2]). Grubhofer und Schleith[3]) haben die Karboxylgruppen von Karbonsäureaustauscherharzen in Säurechloridgruppen übergeführt und diese Harze unter anderem auch mit Proteinen umgesetzt. Weiter diazotierten sie Polyaminostyrol und kuppelten diese Verbindung mit Proteinen. Zur Prüfung des Intaktseins der Proteine kuppelten sie einige Fermente an das diazotierte Harz, wobei deren Fermenttätigkeit erhalten blieb. Die Modifikation der funktionellen Gruppen von Polymeren ist eine wohlbekannte Prozedur in der Protein- und Polysaccharidchemie. So konnten eine ganze Reihe spezifischer Antigene hergestellt werden, indem man verschiedene diazotierte Verbindungen an Proteine kuppelte. Isliker[1]) hat in ähnlicher Weise wie Grubhofer und Schleith[3]) Antigenharze synthetisiert, indem er Karboxylharze in Säurechloridharze überführte und darauf gelöste und zellulare Antigene an diese Harze chemisch anbaute. Auch konnte er durch Adsorption

von diazotierten Farbstoffen an Ionenaustauscherharze mit Hilfe der Kupplungsreaktion Antigene an die adsorbierten Farbstoffe chemisch binden.

Als Antikörper-Antigensystem haben wir zunächst präzipitierendes Antikuhmilchserum vom Kaninchen und durch Ätherbehandlung und Zentrifugieren entfettete Milcharten verwendet, und als Harzkomponente Polyaminostyrol benutzt. Das Polyaminostyrol wurde nach dem Quellen in Salzsäure diazotiert[4]) und das Diazoniumsalz in physiologischer Kochsalzlösung bei schwach alkalischer Reaktion (p_H 8 bis 9) mit dem Serum bzw. mit Kuhmilch bzw. Frauenmilch gekuppelt. Die Diazoniumgruppen, die nicht gekuppelt hatten, wurden mit *R*-Säure [Naphthol-(2)-disulfonsäure-(3,6)] verschlossen. 0,2 g des Antikuhmilchserum-Harzes sowie der Milchproteinharze wurden in kleinen Flaschen mit Milch bzw. Serum zur Reaktion gebracht. Nach einer Einwirkungsdauer von 15 min wurden die Filtrate einer Präzipitationsreaktion unterzogen, die auf dem Hohlschliffobjektträger angesetzt wurde (URBACH[5]).

Tabelle 1.

	Polyaminostyrol gekuppelt mit				
	Anti-KM-Serum		Kuhmilch		Frauenmilch
Aufgeg. Menge KM *) (cm³) . .	1	2	1		1
Nach Einwirkung Test mit Anti-KM-Serum	—	+	+		+
Aufgeg. Menge Anti-KM-Serum (cm³)	1		1	2	1
Nach Einwirkung Test mit KM	+		—	+	+

*) KM = Kuhmilch.

Ungekuppeltes Polyaminostyrol beeinflußte die Präzipitationsreaktion nicht. Demnach adsorbiert Polyaminostyrol weder die Antigene noch die Antikörper. Die gleichen Resultate traten ein, wenn die in Säulenform angeordneten Harze langsam von den Lösungen durchflossen wurden. Ein 8 Tage bei + 4 bis + 6° C abgelagertes Antikuhmilchserum-Harz hatte seine spezifische serologische Aktivität verloren. Das Kupplungsprodukt Polyaminostyrol-Antikuhmilchserum kann somit als Antikörper-Harz und das Kupplungsprodukt mit Kuhmilch als Antigen-Harz bezeichnet werden.

Wir glauben, in dem oben beschriebenen Antikörper-Harz ein Modell zum Studium sessiler Antikörper in der Hand zu haben.

Der Firma Nyegard, Oslo, danken wir für die Überlassung von Polyaminostyrol.

Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, und Bundesgesundheitsamt, Robert-Koch-Institut, Abteilung für Serologie und Diagnostik, Berlin N 65.

G. MANECKE und K.-E. GILLERT.

Eingegangen am 31. März 1955.

[1]) ISLIKER, H. C.: Ann. New York Acad. Sci. **57**, 225 (1953).
[2]) LANDSTEINER, K., u. J. v. DER SCHEER: J. of Exp. Med. **59**, 751 (1934). — PRESSMAN, D., J. H. BRYDEN u. L. PAULING: J. Amer. Chem. Soc. **70**, 1352 (1948). — PRESSMAN, D., u. M. SIEGEL: Abstracts, 116. Meeting, Amer. Chem. Soc. 1949.
[3]) GRUBHOFER, N., u. L. SCHLEITH: Naturwiss. **19**, 508 (1953).
[4]) SKOGSEID, A. P.: Diss. Oslo 1948.
[5]) URBACH, H.: Klin. Wschr. **1938**, 633. — Z. Immun.forsch. **103**, 345 (1943). — BRAKHAGE, G., u. H. RAETTIG: Z. Kinderheilk. **61**, 654 (1940).

Neue Wege zur Charakterisierung der Wirkungsintensität von chemischen Noxen.

Das Absterben von Mikroorganismenpopulationen unter der Wirkung chemischer Noxen folgt „in Abhängigkeit von der Zeit" dem Treffergesetz und darf als weitgehend geklärt gelten. Der entsprechende Reaktionsablauf „in Abhängigkeit von der Konzentration" ist bisher weit weniger studiert worden, obwohl ihm eine hohe Bedeutung für den Desinfektionsvorgang zukommt. Eingehende Untersuchungen in dieser Richtung durch Erstellung von „Konzentrationskurven" mit verschiedenen Noxen (Testorganismus, Hefe, Einwirkungszeit und Einwirkungstemperatur genormt) ergaben, daß der Wirkungsablauf in Abhängigkeit von der Konzentration, bei halblogarithmischer Darstellung, für jede Noxe eine ganz spezifische konzentrationsabhängige „Wirkungscharakteristik" ergibt. Der Grund hierfür ist, daß die Beschleunigung des konzentrationsabhängigen Wirkungsablaufs bei prozentual gleicher Konzentrationserhöhung für die verschiedenen Noxen verschieden stark ist. Daraus resultiert für jede Noxe ein ganz bestimmter Krümmungs- und Steilheitsgrad der Konzentrationskurve (α), als Ausdruck ihrer konzentrationsabhängigen „Wirkungscharakteristik". Bei Noxen mit flacher „Wirkungscharakteristik" hat man deshalb eine relativ viel stärkere Konzentrationssteigerung als bei Noxen mit steiler „Wirkungscharakteristik" nötig, um die gleich hohe Wirkung zu erzielen.

Auf Grund des Befundes, daß die Konzentrationskurve einer Noxe von der Basis des 99%igen Abtötungswertes an in weitgehender Annäherung einer Geraden gleichkommt, ergibt sich für den konzentrationsabhängigen Reaktionsablauf oberhalb des 99%igen Abtötungserfolges für jede Noxe die Gesetzmäßigkeit, daß mit gleichen Konzentrationserhöhungen bei ein und derselben Noxe praktisch gleiche Wirkungszunahmen erzielt werden. Demzufoge ergibt sich aus der Konzentrationskurve einer Noxe die Konstante ΔK, als diejenige Konzentrationssteigerungseinheit für die Noxe, mit der vom 99%igen Abtötungswert an der Abtötungserfolg in der Normzeit und bei Normtemperatur jeweils um zwei 10er-Potenzen gesteigert wird.

Mit ΔK einer Noxe, zusammen mit K_{99} als derjenigen Konzentration, mit der in der Normzeit und bei Normtemperatur der 99%ige Abtötungserfolg erzielt wird, läßt sich für *jede Konzentration* einer Noxe auch über der Konzentration K_{99} — nicht nur in Verbindung mit der Normzeit, sondern unter Einbeziehung der Gesetzmäßigkeit für den zeitabhängigen Reaktionsablauf auch in Verbindung mit *jeder Einwirkungsdauer* — der bei Testtemperatur gegenüber einem Testorganismus zu erwartende *Abtötungserfolg zahlenmäßig* erfassen, und zwar als relatives Abtötungsverhältnis $1:10^{\theta}$ (Anzahl Überlebender : Gesamtzahl Abzutötender, bezogen auf die Zahl 1 für Überlebende).

Dies ist insofern von besonderer Bedeutung, als mit dieser neuen Methode zur Testierung der mikrobiziden Wirkung von chemischen Noxen nicht nur eine Möglichkeit gegeben ist für den Vergleich der Wirkungsintensität von Desinfektionsmitteln bei vorgeschriebener Anwendungskonzentration, sondern auch bei einheitlich gewählter Normkonzentration als Bezugssystem, wodurch sich die verschiedenen Desinfektionsmittel hinsichtlich ihrer Wirkungsintensität absolut miteinander vergleichen lassen. Ein Desinfektionsmittel wird dann bezüglich seiner mikrobiziden Wirksamkeit für einen entsprechenden Zweck um so besser zu bewerten sein, je weiter gespannt das für die Normkonzentration in der Normzeit gegenüber einem geeigneten Testorganismus gegebene relative Abtötungsverhältnis ist.

Eine ausführliche Veröffentlichung der Versuchsergebnisse erfolgt demnächst.

Institute für Gärungstechnik und für Technische Mykologie der Technischen Hochschule München, Weihenstephan.

F. WEINFURTNER, A. UHL und F. WULLINGER.

Eingegangen am 31. März 1955.

Über die parasitogen induzierte Atmungssteigerung beim Weizen.

Eine allgemeine und auffallende Eigentümlichkeit durch parasitische Pilze befallener Pflanzen ist die stark erhöhte Atmung der Wirtsgewebe[1]),[2]). Für die erheblichen Unterschiede im Stoffwechsel gesunder und kranker Pflanzen werden die von den Parasiten ausgeschiedenen Toxine verantwortlich gemacht[1]),[3]). Es wurde auch mehrmals postuliert, daß die Resistenz der Pflanzen in irgendwelcher Weise mit ihren Atmungsprozessen zusammenhängt[2]),[4]); doch wissen wir sehr wenig über die Einzelheiten der parasitogen bedingten Atmungssteigerung.

Für dieses Problem ist die Frage von Bedeutung, ob die Atmung der befallenen Pflanzen nur quantitative Unterschiede gegenüber den normalen aufweist oder in ihren biochemischen Mechanismen auch qualitative Verschiedenheiten auftreten. Die ersten diesbezüglichen Untersuchungen wurden mittels spezifischer Atmungsinhibitoren durchgeführt, wobei vorläufig vor allem die Beeinflußbarkeit der O_2-Aufnahme durch Vergiftung der Glykolyse und durch die des Krebszyklus geprüft werden konnte. Als Versuchspflanzen kamen mit Schwarzrost (*Puccinia graminis*) oder Mehltau (*Erysiphe graminis*) artifiziell beimpfte Weizenkeimlinge zur Verwendung. Nach dem Hervortreten der Uredolagern bzw. nach dem Sporulieren des Mehltaues wurden verschiedene, in 0,05 m KH_2PO_4 gelöste Atmungsinhibitoren in den abgeschnittenen

Blättern infiltriert und nach dem Verdunsten des überflüssigen Lösungsmittels die Atmungsintensität im WARBURG-Apparat bestimmt. Als Kontrolle dienten immer mit 0,05 m KH_2PO_4 infiltrierte gesunde und kranke Blätter. Bei der Anwendung der Atmungsgifte konnten in erster Reihe die diesbezüglichen Zusammenstellungen von JAMES[5]) berücksichtigt werden.

Tabelle 1. *Erhöhung der Atmungsintensität durch Infektion.*

	Infiltrierte Verbindungen*)				Verhältniszahlen (%) A = 100%		
	A	B	C	D	B	C	D
Kontrollpflanze Q_{O_2}	2,9	1,0	1,7	0,9	34	58	31
Mit *Puccinia graminis* infiziert Q_{O_2}	8,9	3,1	5,7	5,8	34	64	65
Mit *Erysiphe graminis* infiziert Q_{O_2}	5,7	—	—	3,4	—	—	60

*) A: KH_2PO_4 $5 \cdot 10^{-2}$ M; B: Monojodessigsäure 10^{-2} M; C: NaF 10^{-2} M; D: Malonsäure $2 \cdot 10^{-2}$ M.

Wie aus der Tabelle 1 zu ersehen ist, wird durch die Infektion eine starke Erhöhung der Atmungsintensität hervorgerufen. Aus zahlreichen Versuchen geht hervor, daß die Glykolyse-Inhibitoren (Monojodessigsäure, NaF) die O_2-Aufnahme beträchtlich hemmen und daß, in Prozenten ausgedrückt, die Hemmung bei den gesunden und kranken Pflanzen grundsätzlich gleich ist. Ganz anders sind die Verhältnisse bei der Anwendung der Malonsäure, die durch die Blockierung der Bernsteinsäuredehydrogenase in erster Reihe den Krebszyklus beeinträchtigt. Besonders starke Hemmung der O_2-Aufnahme kann in diesem Falle nur bei den gesunden Pflanzen erreicht werden (ungefähr 70%), die Atmung der infizierten Pflanzen ist gegen Malonsäure weniger empfindlich (Hemmung ungefähr 30 bis 40%).

In Anbetracht der Tatsache, daß die Eigenatmung der Parasiten vernachlässigt werden kann[1]), scheint also die Annahme berechtigt zu sein, daß sich die toxininduzierte Atmung der Pflanzen durch neue biochemische Mechanismen vollzieht und — im Gegensatz zu den gesunden Pflanzen — nur in einem Bruchteil dem Krebszyklus folgt. Da die angewendeten Glykolysegifte die Enzymsysteme der sog. direkten Oxydation nicht hemmen[6]), können diese Mechanismen ebensowenig für die erhöhte Atmung verantwortlich gemacht werden. Die Ergebnisse wären vielleicht durch die Annahme einer parasitogen verstärkten aeroben Gärung (Ausschaltung des PASTEUR-Effektes) am besten erklärbar, deren Endprodukte ohne Teilnahme des Tricarboxylsäurezyklus veratmet werden können.

Forschungsinstitut für Landwirtschaft der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Martonvásár (Ungarn).

Z. KIRÁLY und G. L. FARKAS.

Eingegangen am 1. April 1955.

[1]) ALLEN, P. J.: Phytopathology 43, 221 (1953). — Annual Rev. Plant Physiol. 5, 225 (1954).
[2]) SEMPIO, C.: Phytopathology 40, 799 (1950). — Phytopath. Z. 17, 287 (1950).
[3]) URITANI, J., T. AKAZAVA u. M. URITANI: Nature [London] 174, 1060 (1954).
[4]) RUBIN, B. A., u. N. P. VOLOBUJEVA: Dokl. Akad. Nauk SSSR., 79, 637 (1951). — RUBIN, B. A., u. E. V. ARZICHOWSKAJA: Biochemische Charakteristik der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Mikroorganismen. Berlin: Akademie-Verlag 1953. — RASEVSKAJA, V. F., u. V. P. NILOVA: Izv. Akad. Nauk. SSSR., Ser. Biol. 4, 63 (1952). — FUCHS, W. H., u. E. KOTTE: Naturwiss. 41, 169 (1954).
[5]) JAMES, W. O.: Plant Respiration. Oxford 1953. — Annual Rev. Plant Physiol. 4, 59 (1953).
[6]) COHEN, S. S.: In Chemical Pathways of Metabolism. Herausgeg. von D. M. GREENBERG. New York: Acad. Press 1954.

Über Mutationsversuche an Alkaloidpflanzen.

Nikotin und Tropanalkaloide werden hauptsächlich in der Wurzel synthetisiert[1]),[2]). Pfropft man Tabak auf Tomatenwurzel, ist das Tabakreis „praktisch" nikotinfrei; Spuren von Nikotin sind aber immer vorhanden. Pfropft man Tollkirsche (Atropa) auf Tomatenwurzel, so enthält das Reis nicht allein Spuren von Nikotin, sondern auch von Hyoscyamin, das im Sproß gebildet sein dürfte, da bisher nicht beobachtet werden konnte, daß Tomatenwurzel fähig ist, Tropanalkaloide zu synthetisieren. Es ist uns bemerkenswerterweise noch nie gelungen, Sprosse von Alkaloidpflanzen völlig alkaloidfrei zu erhalten, weshalb der Schluß, der Sproß bedarf des Alkaloides nicht, nicht gesichert ist[3]). Es hat sich außerdem gezeigt, daß alle daraufhin geprüften *Solanaceen*-Gattungen Nikotin enthalten[4]),[2]). Nikotin ist kein spezifischer Stoff der Gattung *Nicotiana*. Für diese Gattung ist nicht charakteristisch, daß sie Nikotin bildet, sondern daß sie es in beträchtlichen Mengen verträgt. Das gilt auch für einige andere Arten. Pfropft man Tomate, Tollkirsche, Stechapfel u.a. auf nikotinreiche Tabakunterlagen, so zeigen die Reiser schwere und charakteristische Störungen. Diese sind eine Folge des Nikotins. Diese Arten führen wohl normal selbst Nikotin in geringen Mengen. In größerer Konzentration ist es ihnen aber ein Gift. Auffälligerweise wächst jedoch Zinnia, eine Composite, auf Tabakunterlage ganz normal, obwohl es sich um eine interfamiliäre Pfropfung handelt. Es konnte gezeigt werden, daß Zinnia das aus der Tabakunterlage aufsteigende Nikotin im Gegensatz zu den meisten *Solanaceen* verträgt, weil es gewissermaßen daran gewöhnt ist; denn Zinnia bildet auch ungepfropft auf eigener Wurzel größere Mengen von Nikotin[6]). Das, was wir gemeinhin Alkaloidpflanzen nennen, sind Sonderfälle, nicht deshalb, weil sie Alkaloide synthetisieren, sondern weil sie diese in größeren auffälligen Mengen führen, d.h., sie in größeren Konzentrationen vertragen. Alkaloide sind viel weiter im Pflanzenreich verbreitet, meist aber nur in geringen Mengen. Es bleibt zunächst offen, ob diese mengenmäßig geringen Vorkommen biologisch bedeutsamer sind.

Eine sich über mehrere Jahre erstreckende systematische Untersuchung verschiedenster Herkünfte von „Alkaloidpflanzen" hat uns bisher in keinem Falle in den Besitz völlig alkaloidfreier Rassen geführt. Auch die „süßesten" Lupinen und die „nikotinfreiesten" Tabake führen noch Alkaloid. Wir haben mit Hilfe von Röntgenstrahlen Mutationsversuche an *Nicotiana* und *Datura* durchgeführt und bisher trotz Untersuchung einer großen Nachkommenschaft der zweiten und dritten durch Selbstung erhaltenen Generation niemals alkaloidfreie Mutanten gefunden. Es wäre möglich, daß Alkaloidfreiheit ein Letalfaktor ist, d.h., daß Alkaloide oder der Prozeß ihrer Bildung zumindest für die Wurzel lebensnotwendig sind. Wir haben — wie zu erwarten — bei diesen Mutationsversuchen verschiedenartige Abwandlungen der Gestalt beobachtet wie auch das Auftreten von weiteren Nebenalkaloiden und eine Verschiebung des Verhältnisses Haupt- zu Nebenalkaloiden. Diese für unsere Vorstellungen von der Biosynthese der Alkaloide nicht unwesentlichen Beobachtungen bedürfen mehrjähriger genetischer Kontrolle. Es erscheint aber schon jetzt mitteilenswert, daß besonders alkaloidreiche Nachkommen im Wuchs zurückbleiben können, daß Formen von *Datura*, die mehr Nikotin als die Ausgangssippe führen (d.h. mehr als Spuren), ebenfalls kümmern. Im Zusammenhang mit den oben genannten Pfropfungsversuchen mit nikotinreicher Tabakunterlage darf man wohl schließen, daß an Nikotin reiche *Datura*-Mutanten nicht ohne weiteres lebensfähig sind, wenn nicht weitere Mutationsschritte die Nikotinverträglichkeit bedingen. Eine wesentliche Steigerung des Alkaloidgehaltes durch nur einen Mutationsschritt ist nur dann zu erwarten, wenn man von einem Material ausgeht, in dem der Faktorenkomplex „Alkaloidresistenz" bereits genügend ausgebildet ist, denn Alkaloide sind keine physiologisch inaktiven Substanzen. Wesentliche qualitative oder quantitative Veränderungen ihres Bestandes, insbesondere völliger Schwund und starke Vermehrung, stellen Störungen einer gewordenen Harmonie dar, die in der Regel nicht auf einfache Weise modifikativ überwunden werden können.

Institut für Kulturpflanzenforschung in Gatersleben.

K. MOTHES, A. ROMEIKE und H.-B. SCHRÖTER.

Eingegangen am 11. März 1955.

[1]) MOTHES, K., u. K. HIEKE: Naturwiss. 31, 17 (1943).
[2]) MOTHES, K.: Annual Rev. Plant Physiol. 6 (1955).
[3]) ROMEIKE, A.: Pharmazie 8, 668 (1953).
[4]) WAHL, R.: Tabakforsch. 8, 3 (1952); 10, 3 (1953).
[5]) MOTHES, K., u. A. ROMEIKE: Flora [Jena] 142, 109 (1954).
[6]) SCHRÖTER, H.-B.: Arch. Pharmazie 288 (1955).

Zur Schwankungsbreite der Serumeiweißfraktionen normaler Versuchskaninchen.

Da Angaben über Normalwerte und Schwankungsbreite der Serumproteinfraktionen von Kaninchen bisher fehlen, haben wir in Ergänzung zu früheren Untersuchungen[1]) das inzwischen an 100 Tieren gesammelte Material statistisch bearbeitet. Die dabei unter Verwertung der Papierelektrophorese nach GRASSMANN und HANNIG[2]) gefundenen Ergebnisse werden in der Tabelle 1 mitgeteilt. Die Tiere waren in

bezug auf Rasse, Alter, Gewicht und Geschlecht nicht ausgewählt. Sie werden unter den für Kaninchen üblichen Futter- und Umweltsbedingungen gehalten.

Tabelle 1.

	A	α_1	α_2	β_1	β_2	γ
n	100	100	100	100	100	100
M	11,48	7,91	5,20	9,22	2,86	13,07
o	± 5,34	± 1,72	± 1,23	± 1,87	± 1,16	± 3,19

Die Tabelle 1 stellt Mittelwerte (M) und mittlere quadratische Abweichungen (o) der relativen Prozentzahlen der Serumproteinfraktionen dar. Unsere früheren Ergebnisse stimmen mit den nunmehr gewonnenen, statistisch gesicherten Resultaten trotz verschiedener Herkunft des Tiermaterials gut überein.

Medizinische Universitätskliniik, Erlangen (Direktor: Prof. Dr. N. Henning).

F. Scheiffarth, K. H. Kimbel und G. Berg.

Eingegangen am 17. März 1955.

[1]) Scheiffarth, F., u. G. Berg: Z. exp. Med. **119**, 550 (1952).
[2]) Grassmann, W., K. Hannig u. M. Knedel: Dtsch. med. Wschr. **1951**, 333.

Cancerogene Wirkung von 4-Dimethylamino-triphenylmethan bei subkutaner Gabe an Ratten *).

Systematische Untersuchungen über Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und Wirkung an Pharmaka hatten ergeben, daß die Konstitution der „Grundmolekeln" oft keine spezifische Bedeutung für die Wirkung hat. Die *Richtung* der Wirkung wird vielmehr von der Art und Stellung der funktionellen Gruppen an der Grundmolekel bestimmt. Besonders klare Beispiele dafür bieten die östrogenen Phenole und die cancerogenen aromatischen Amine[1]): Während die 4-Amino-Verbindungen von Stilben, Azobenzol oder Diphenyl an verschiedenen Tierarten *Krebs* erzeugen, wirken die 4,4'-Dioxy-Verbindungen derselben Grundmolekeln *östrogen*. Bei diesen Untersuchungen wurde beobachtet, daß auch das 4,4'-Dioxy-triphenylmethan mit 15 mg/100 g an der kastrierten Ratte östrogen ist. Danach wäre zu erwarten, daß das 4-Amino-triphenylmethan cancerogen wirkt. Wir untersuchten das 4-N-Dimethylamino-triphenylmethan **), weil die Einführung von Methylgruppen bei Aromaten einen „auxocancerogenen" Effekt hat[1])[2]) und weil diese Verbindung der wichtigste Grundkörper der Triphenylmethanfarbstoffe ist.

Mit Rücksicht auf die Verwendung einiger Farbstoffe dieser Klasse zur Färbung von Lebensmitteln wurden zuerst Fütterungsversuche durchgeführt. 56 Ratten unserer Stämme BD I, BD III und Wistar erhielten täglich 10 bis 30 mg bis zu der hohen Gesamtdosis von 7,3 g je Ratte. Danach wurde die Behandlung abgesetzt. Die Beobachtungszeit betrug 800 Tage. In keinem Falle entstand Krebs. Triphenylmethanverbindungen werden kaum resorbiert. Im Urin der oral behandelten Ratten ließ sich spektroskopisch kein 4-Dimethylamino-triphenylmethan nachweisen. Aus diesem Grunde waren Injektionsversuche notwendig. Dies um so mehr, als der in einigen Ländern zur Lebensmittelfärbung noch zugelassene Triphenylmethanfarbstoff *„Lichtgrün SF gelblich"* bei Injektion an Ratten sicher cancerogen wirkt, nicht aber bei oraler Gabe[3]).

10 Ratten erhielten wöchentlich einmal 30 mg 4-Dimethylamino-triphenylmethan, in Öl gelöst, subkutan injiziert. Zur Lösung verwendeten wir ein besonders reines Sojabohnenöl, das in Kontroll- und Vergleichsversuchen keine Tumoren erzeugte. Nach 12 Injektionen wurde die Behandlung abgebrochen. Bei 5 von 9 länger als 2 Jahre lebenden Ratten entwickelten sich nach 28 ± 4 Monate Sarkome ***). Alle Tumoren entstanden an der Injektionsstelle, so daß der Kausalzusammenhang gesichert erscheint.

4-Dimethylamino-triphenylmethan hat danach cancerogene Eigenschaften, wenn auch deutlich schwächer als das „Lichtgrün SF gelblich", beide jedoch nur bei Injektion. Es verdient Beachtung, daß die relativ schwache Aktivität auch hier, ähnlich wie wir es beim Anthrazen bereits beobachtet hatten[4]), weniger in der Ausbeute an Tumoren oder in der Höhe der benötigten Dosis zum Ausdruck kommt als vielmehr in der *sehr langen Latenzzeit*. Die Manifestation der Wirkung von schwachen Cancerogenen hängt demnach entscheidend von der Größe der Lebenserwartung ab. Die meist übliche Versuchsdauer von 12 Monaten bei Ratten reicht für den Ausschluß cancerogener Effekte nicht aus.

Chirurgische Universitätskliniik, Laboratorium, Freiburg i. Br.

Hermann Druckrey und Dietrich Schmähl.

Eingegangen am 1. April 1955.

*) Die Untersuchungen wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglicht.

**) Die Substanz verdanken wir Herrn Dr. Wingler, Bayer-Werke, Leverkusen.

***) Für die histologischen Diagnosen danken wir Herrn Prof. Dr. H. Hamperl, Bonn.

[1]) Druckrey, H.: Z. Krebsforsch. **57**, 70 (1950). — Arch. exp. Path. u. Pharmakol. **210**, 137 (1950); **212**, 131 (1950). — Acta Union internat. contre le cancer **7**, 116 (1950). — Druckrey, H., P. Danneberg u. D. Schmähl: Z. Naturforsch. **5b**, 27 (1950). — Naturwiss. **39**, 393 (1952). — Danneberg, P., u. D. Schmähl: Z. Naturforsch. **7b**, 468 (1952).
[2]) Boyland, E.: J. Chim. physique **47**, 942 (1950).
[3]) Schiller, W.: Amer. J. Cancer **31**, 486 (1937). — Harris, P. N.: Cancer Res. **7**, 35 (1947). — Nelson, A. A., u. E. C. Hagan: Federat. Proc. **12**, 397 (1953). — Gross, E.: Persönliche Mitteilung.
[4]) Druckrey, H., u. D. Schmähl: Naturwiss. **42**, 159 (1955). — Hamperl, H., u. D. Schmähl: Z. Krebsforsch. **1955**.

Über den Einfluß der Witterung auf den Schwefelstoffwechsel bei Kaninchen.

Unsere Beobachtungen über die meteorotrope Abhängigkeit des Schwefelaustauschrhythmus bei Kaninchen liefern einen gewissen Beitrag zu der schon häufig bearbeiteten Frage über die Wirkung bestimmter Wetterlagen oder Wetteränderungen auf lebende Organismen. — Im Zusammenhang mit anderen uns hier nicht weiter interessierenden Untersuchungen injizierten wir einer größeren Zahl von Kaninchen radioaktiv markiertes Natriumsulfat ($Na_2S^{35}O_4$) und prüften dann während vieler Wochen die Aktivität des aufgefangenen Harnes[1]). Die täglich erhaltenen Impulszahlen der Versuchstiere zeigten einen flach verlaufenden exponentiellen Abfall und wiesen eine gewisse Streuung auf. Nur über diese normalen Streuungen hinausreichende Abweichungen dürfen auf übergeordnete Außenfaktoren, in unserem Falle auf Wetterfaktoren, zurückgeführt werden.

Nach Durchführung zweier Vorversuche in den Jahren 1953/54 wurde im Frühling 1954 mit einer 4 Monate dauernden weiteren Serie begonnen. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe wurden auf folgende Weise zusammengestellt: Für jeden Tag ist in Prozenten angegeben, wie viele der jeweils geprüften Tiere — es kamen täglich durchschnittlich 5 bis 7 Kaninchen zur Untersuchung — eine deutlich höhere Radioaktivität im Harn aufwiesen als an den vorhergehenden und den nachfolgenden Tagen, unter Berücksichtigung der normalen Streuung. Ohne Einsichtnahme in die biologischen Ergebnisse wurde dann von meteorologischer Seite für sämtliche Tage der in Frage stehenden 4 Monate (April bis Juli) zusammengestellt, an welchen Daten Warmfronten, Kaltfronten, Okklusionen oder frontenfreie Tage vorlagen. Für die 113 Versuchstage ergaben sich dabei rund 70 frontenfreie Tage, 3 Okklusionen, 13 Warmfronten, 14 schwache und 17 mittlere bis starke Kaltfronten. Da sich für unser Problem, wie unten näher ausgeführt wird, vor allem die Kaltfronten als bedeutungsvoll erwiesen, wurde auf ihre genaue Charakterisierung besonderer Wert gelegt.

Bei Vergleich mit den biologischen Ergebnissen ergab sich nun, daß die Versuchstiere an keinem der frontenfreien Tage eine allgemein erhöhte Schwefelausscheidung aufwiesen. Auch an den 3 Tagen mit Okklusionen und bei Durchzug der Warmfronten hatten jeweils nur vereinzelte Tiere eine verstärkte Schwefelexkretion. Von den 14 schwachen Kaltfronten dagegen erwiesen sich 2 als biotrop, d.h., 80 oder mehr Prozent der untersuchten Tiere zeigten an diesen beiden Daten eine erhöhte Schwefelausscheidung. Unter den 17 mittleren und starken Kaltfronten waren insgesamt 12 biotrop, indem sich an diesen Tagen bei rund 80% der jeweils untersuchten Tiere eine über die Norm erhöhte Schwefelexkretion feststellen ließ.

Schon aus diesem kurzen Überblick geht hervor, daß Kaltfronteinbrüche offenbar in einer gewissen Korrelation zu verstärkter Schwefelexkretion stehen. Durch eine zusätzliche Analyse dieses Ergebnisses konnte geklärt werden, warum sich nicht alle, sondern nur ein gewisser Teil der festgestellten Kaltfronten als biotrop erwiesen hatten.

Unter den 14 schwachen Kaltlufteinbrüchen waren allein jene zwei biotrop wirksam geworden, bei welchen polararktische Luftmassen beteiligt waren. Alle anderen wiesen

nur maritim-polar-tropische oder maritim- bzw. kontinental-polare Luftkörper auf.

Die Analyse der 17 mittleren und starken Kaltfronten ergab folgende überraschende Tatsache: Im Gegensatz zu den 12 biotropen Daten, die vor wie nach dem Frontendurchzug polare Luftkörper aufwiesen — maritimer oder kontinentaler Herkunft —, war bei allen fünf nicht wirksam gewordenen — meteorologisch deutlich ausgeprägten — Kaltfronten die Ausgangsluftmasse tropischen Ursprungs. — Der bei unseren Versuchstieren wirksam gewordene biotrope Faktor ist somit offenbar an den Wechsel ausgesprochen polarer Luftmassen gebunden.

Es ist anzunehmen, daß sich die biotrope Kaltfrontwirkung bei unseren Versuchstieren nicht nur auf den Schwefelstoffwechsel beschränkt, sondern daß auch der Austausch anderer am Körperaufbau beteiligter Elemente beschleunigt wird, so daß sie, in ähnlicher Weise wie der Schwefel, in erhöhtem Maße zur Ausscheidung kommen. Es darf wohl die Ansicht geäußert werden, daß den aufgedeckten Beziehungen zwischen Witterung und Schwefelstoffwechsel allgemeinere Bedeutung zukommt und daß sie vermutlich auch für den Menschen Gültigkeit besitzen.

Eine ausführliche Darstellung mit dem gesamten Belegmaterial und Literaturnachweis wird im Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie erscheinen.

Univ.-Rheumaklinik und Institut für physikalische Therapie, Zürich (Direktor: Prof. Dr. A. Böni), *und Eidgenössische Meteorologische Zentralanstalt, Zürich (Direktor: Prof. Dr.* J. Lugeon).

R. Lotmar und J. Häfelin.

Eingegangen am 29. März 1955.

[1]) Lotmar R.: Doc. Rheumatol. [Basel] 3, H. 6 (1955).

Druckwellen-Schocktod.

Eine Druckwelle genügend hoher Intensität führt beim unnarkotisierten, nicht vorbehandelten Tier zu sofortigem Tod. Das auffallendste Symptom ist der unmittelbare Atemstillstand. Es war daher zu untersuchen, ob die Druckwelle direkte Wirkungen am Atemzentrum hat oder aber, ob afferente Impulse zum Atemzentrum gelangen und dieses blockieren. Im letzteren Falle muß angenommen werden, daß ein durch einen besonders starken Reiz ausgelöster, physiologischer Erregungszustand irreversibel die rhythmische Aktivität der respiratorischen Zellgruppen hemmt. Die Druckwelle wurde durch Überdruckkompression[1]) erzeugt; sie hat einige Vorteile gegenüber der Explosion im Freien (Lit. bei[2]) bzw. gegenüber der Unterdruckdekompression[3]) und auch gegenüber der Drucklufteinwirkung in einer Röhre[4]). Dekompression von 4 atü auf Normaldruck in 5 msec gibt eine Druckwelle, die etwa 0,7 msec dauert und deren schnellste Teilkomponente eine Frequenz von 5000 bis 6000 Hz hat. Die Form der Überdruckbombe ist in einer früheren Arbeit beschrieben worden. Schädigungen durch Gasentbindung wie bei der Caissonkrankheit werden durch Beschränken des Aufenthaltes auf erhöhten Druck (wenige Sekunden) vermieden. Die Versuche wurden mit Albinoratten durchgeführt; orientierende Versuche mit Meerschweinchen zeigten analoge Resultate. Ergebnisse:

Druckwelle wirkt auf:	*Folge:*
Normaltiere	Tod
Narkotisierte Tiere (Äther, Urethan)	Überleben
Thorax mit Schaumgummi geschützt	Überleben
Thorax frei, übriger Körper mit Schaumgummi geschützt	Tod
Überdruckbombe innen mit Schaumgummi ausgekleidet	Überleben
Beiderseitige Vagotomie	Überleben
Beiderseitige Vagusreizung am unnarkotisierten Tier	Tod

Es ergibt sich somit, daß die Druckwelle am Thorax bzw. an der Lunge angreift und zu Veränderungen führt, die eine irreversible Hemmung des Atemzentrums bedingen. Die Lungenveränderungen für sich sind nicht tödlich, daher können Tiere in Narkose oder vagotomierte Tiere die Druckwelle überleben. Die in Narkose der Druckwelle ausgesetzten Tiere überleben auf Dauer, die vagotomiert dekomprimierten Tiere gehen nach einiger Zeit (Stunden) an den Folgen der Vagotomie zugrunde. Autoptisch finden sich in den Lungen der an den Folgen der Druckwelleneinwirkung akut ad exitum gekommenen Tiere zahlreiche Hämorrhagien, es besteht ein beiderseitiger Pneumothorax. Die Atmung sistiert in Exspirationsstellung. Das Herz schlägt noch etwa 2 bis 3 min weiter und bleibt in Diastole stehen. Die indirekte Muskelerregung schwindet nach etwa 60 sec, die direkte nach 20 bis 30 min; ebenso vergeht die EEG-Aktivität nach ungefähr 60 sec.

Die Druckwelle verursacht Veränderungen (Zerstörungen, Blutungen) in den Lungen, die Rezeptoren erregen. Impulse von diesen Rezeptoren werden über die Nn. vagi zum Atemzentrum weitergeleitet und blockieren dort irreversibel die rhythmische Aktivität. Die EEG-Veränderungen, der direkte und indirekte Erregbarkeitsverlust der Muskulatur und der Herzstillstand sind Folgen der Anoxie, die dem Atemstillstand folgt. Der Beweis, daß Impulse, die über die Nn. vagi geleitet werden, diese Wirkung am Atemzentrum haben können, ist, daß durch direkte zentrale Vagusreizung mit Rechteckstromstößen (50 Hz) derselbe irreversible, exspiratorische Atemstillstand eintritt. Es müssen beide Nn. vagi gereizt werden, und das Versuchstier (Ratte) darf nicht narkotisiert sein.

Eine besondere Erregungskonstellation kann also akut den Tod durch Atemstillstand („Schocktod") vermitteln.

Physiologisches Institut der Universität, Wien.

Hj. Kolder.

Eingegangen am 28. März 1955.

[1]) Corey, E. L.: Amer. J. Physiol. **157**, 88 (1949). — Kolder, H.: Arch. exp. Path. u. Pharmakol. **223**, 486 (1954).
[2]) Clemedson, C.-J.: Acta physiol. scand. **18**, Suppl. 61 (1949).
[3]) Latner, A. L.: Lancet **1942**, 303. — Stickney, J. C., u. D. W. Northup: Amer. J. Physiol. **172**, 357 (1953).
[4]) Celander, H., C.-J. Clemedson, U. A. Ericsson u. H. I. Hultman: Acta physiol. scand. **33**, 6, 14 (1955).

Analytische Studie über die Absterbeordnung weißer Mäuse nach experimenteller Infektion mit dem MM-Virus*).

Abweichungen von einer Normal-Häufigkeitsverteilung der Absterbe- bzw. Überlebenszeiten innerhalb eines Kollektives von Lebewesen, welche in kontrollierter Intensität einer letalen Noxe ausgesetzt wurden, können eventuell Hinweise

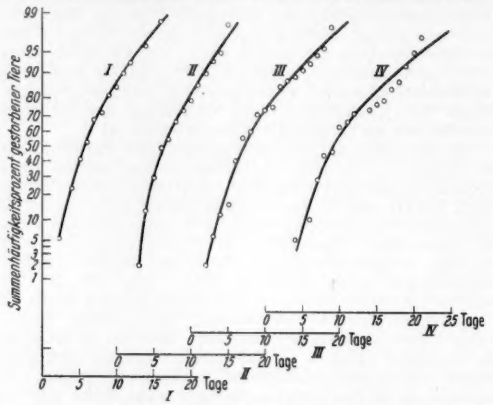


Fig 1. Summenhäufigkeitsverteilung der Absterbezeittermine von Mäusekollektiven nach sicher letaler (Gruppe *I*) und partiell letaler (Gruppen *II, III, IV*) intraperitonealer Infektion mit dem MM-Virus.

auf Faktoren ermöglichen, welche mit dem schädigenden Agens in Konkurrenz treten. Derartige Phänomene werden aus Ergebnissen entsprechender Untersuchungen[1]) bei verschiedenartigen bakteriellen Infektionen der Albinomaus ersichtlich; auf die Interpretation der genannten Studien soll hier nicht eingegangen werden. Um ein Bild über die Absterbeordnung nach einer neurotropen Virusinokulation zu gewinnen, infizierten wir ausgewachsene Albinomäuse mit der virushaltigen Aufschwemmung des Gehirnes einer intracerebralen Mäusepassage des MM-virus. Die LD_{50} der Suspension lag bei intraperitonealer Weiterverimpfung nach der Methode von Reed und Muench[2]) im Bereiche der Verdünnung von über 10^{-8}. Von diesem hochpathogenen Ausgangsmaterial wurden ausgewachsenen Albinomäusen Verdünnungen von 10^{-2} (Gruppe I), 10^{-4} (Gruppe II), 10^{-6} (Gruppe III) und 10^{-8} (Gruppe IV) in Mengen von jeweils

0,2 ml intraperitoneal inokuliert; in den einzelnen Gruppen waren je 60 bzw. 72 Tiere eingesetzt. Die Abstufung der Infektionsdosis erlaubte den Vergleich eines sicher letal infizierten Kollektives (Gruppe I) mit Tiergruppen, in welchen das Überleben unterschiedlich vieler Individuen zu erwarten war; nach 28tägiger Beobachtungszeit waren in Gruppe II = 3, in Gruppe III = 8 und in Gruppe IV = 21 Tiere am Leben geblieben. Wir trugen die Absterbezeittermine als Summenkurven über numerischer Abszisse in ein Wahrscheinlichkeitsnetz ein, wobei die Gesamtzahl der *gestorbenen Tiere* in den einzelnen Gruppen jeweils als *100%* eingesetzt wurde; die Endpunkte (über 99%) blieben — wegen großer Streufehlermöglichkeit in diesen Bereichen — unberücksichtigt. Fig. 1 zeigt, daß in keiner der Tiergruppen eine eindeutige Normalverteilung mit linearem Verlauf der Summenkurven vorliegt. Vielmehr läßt sich, und zwar zunehmend mit dem Absinken der Viruskonzentration, nach oben konvex gekrümmt eine Abweichung von der Normalverteilung erkennen. Dieses Phänomen deuten wir als Ausdruck eines dem letalen Viruseffekt gegenläufigen Prinzips; die vorliegende Untersuchung erlaubt allerdings keine Aussage über dessen Ursache, Herkunft und Art. Es ist weiterhin festzustellen, daß mit verminderter Infektionsdosis die generelle Überlebenszeit der Tierkollektive etwas zunimmt, wie aus den differierenden Steilheitsgraden der einzelnen Kurven ersichtlich wird. Schließlich lassen die Absterbeordnungen jener Tierkollektive, welche mit höheren Virusverdünnungen (Gruppe III, IV) inokuliert worden waren, noch eine weitere Besonderheit erkennen: die zeitliche Todesfolge prägt sich hier in mehreren, in sich fast linearen und zur Gesamtkurve flacheren, gegeneinander jedoch durch steile Stufen abgegrenzten Punktgruppen aus. Die mehrfache Wiederholung und Ausprägung dieser Erscheinung spricht gegen zufallsbedingte Streueffekte; sie ist vielmehr Ausdruck einer durch Anstiege und Senkungen charakterisierten Absterberhythmik, die wir an der gleichen Versuchstierspezies mit dem gleichen Virusstamm schon früher[3]) beschreiben konnten.

Universitäts-Kinderklinik, Freiburg i. Breisgau (Direktor: Prof. Dr. Walter Keller).

Roland Gädeke.

Eingegangen am 8. März 1955.

*) Herrn Professor Dr. Fr. Büchner zum 60. Geburtstag gewidmet.

[1]) Cavalli, L., u. G. Magni: Zbl. Bakter. I Orig. **150**, 25 (1943). Geks, F. J.: Z. Naturforsch. 7b, 313, 671 (1952). — Zbl. Bakter. I Orig. **158**, 323 (1952). — Liljestrand, A.: J. Pharmacy Pharmacol. **1**, 78 (1949).

[2]) Reed, L. J., u. H. Muench: Amer. J. Hyg. **27**, 497 (1938).

[3]) Gadeke, R., u. S. Kanzler: Naturwiss. **40**, 587 (1953).

Die Wirkung des Süßstoffes Dulcin bei langdauernder Fütterung.

Arbeiten amerikanischer Autoren[1]),[2]),[3]) ergaben bei einer vergleichenden Prüfung verschiedener synthetischer Süßstoffe im Tierversuch eine cancerogene Wirkung des Dulcins (p-Äthoxyphenylharnstoff). Die ausgedehnte Verwendung dieses Stoffes in der Nahrungsmittelindustrie ließen uns eine Nachprüfung dieser Ergebnisse wesentlich erscheinen. Insgesamt wurden 80 weiße Ratten mit Dulcin (D) gefüttert. In vier Versuchsgruppen wurden jeweils junge und erwachsene Tiere nach Schlauchfütterung mit einer 25%igen Suspension von D oder nach Beimengung verschiedener Dosen zur Nahrung über lange Zeiträume untersucht. Der Zusatz von D erfolgte dabei zu einer Nahrungsmenge, die so bemessen war, daß sie nahezu quantitativ aufgenommen wurde.

Bei Schlauchfütterung führte die Dosis von 1 ml (250 mg) beim erwachsenen und von 0,5 ml (125 mg) beim jungen Tier innerhalb weniger Tage zum Tode. 0,5 ml der Suspension pro Tag waren beim erwachsenen Tier unter Gewichtsabnahme längstens bis zu vier Wochen, 0,2 ml (50 mg) über mehrere Wochen verträglich. Als Beimengung zum Futter führt 1 g pro Tag innerhalb von zwei Wochen zum Tode, 0,5 g bedingen Gewichtsabnahme und Tod der Tiere innerhalb von vier Wochen, 0,2 g pro Tag sind bei erwachsenen Ratten ohne faßbare Wirkung über Monate verträglich. Die letzten noch lebenden Tiere dieser Versuchsreihe erhalten diese Diät seit 22 Monaten. Die akut toxische Wirkung zeigt sich in sog. degenerativen Veränderungen besonders der Niere und der Leber. Es findet sich allgemeine Blutstauung, hochgradige trübe Schwellung der Niere und Leber. Die chronische Schädigung führt wahrscheinlich auf dem Wege einer allgemeinen Resistenzverminderung häufig zum Tod der Tiere an eitriger Pneumonie. Die histologische Untersuchung von Niere, Leber, Milz, Herz und Lunge zeigt in keinem Fall Veränderungen, die einen Anhalt für eine cancerogene Wirkung von D ergeben könnten. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der zitierten Autoren ist deswegen schwierig, weil nach ihren Angaben ein Zusatz von D über 0,1% zur Nahrung nach Monaten Lebertumoren verursacht. Die tatsächliche Aufnahme der Substanz ist schwer zu beurteilen, da das aufgenommene Nahrungsgewicht sehr variiert. Es liegt bei der Ratte nach unseren Erfahrungen bei 100 g pro Tag, wobei sich die carcinogene Dosis von D auf 100 mg errechnen würde. Wieweit eine Disposition des Rattenstammes oder Unreinheiten der Substanz, die bei der Wirkung von D eine Rolle spielen könnten[4]), dabei entscheidend sind, läßt sich nicht ohne weiteres beurteilen. Umfassende Untersuchungen von Rost und Braun[5]), welche an verschiedenen Tierarten und im Selbstversuch durch hohen kontrollierten Dulcinverbrauch mehrerer Familien über ein Jahr ausgeführt wurden, ergaben keinerlei Anlaß, D innerhalb der üblichen Dosen für den menschlichen Gebrauch als gefährlich anzusehen. In Übereinstimmung damit ergibt sich aus unseren Befunden, daß bei insgesamt 80 Tieren verschiedenen Alters nach Dosierung von D in keinem Fall eine cancerogene Wirkung zu beobachten war. 15 Tiere wurden bei einer Dosierung von 200 mg über ein Jahr, teilweise wesentlich länger, bis zum natürlichen Tode beobachtet. D erweist sich bei der Ratte mit 1 g pro Tag als toxisch ($^1/_{120}$ des Körpergewichts), bei 0,5 g als verträglich, aber chronisch schädigend, bei 0,2 g über lange Zeiträume verträglich. Bei einem 75 kg schweren Menschen würde dies 125 g D pro Tag entsprechen, während nach den Angaben von Rost und Braun[5]) eine fünfköpfige Familie bei ausschließlichem Gebrauch von D über mehrere Monate pro Tag 0,57 g verbraucht.

Institut für Experimentelle Krebsforschung der Universität, Heidelberg, Voßstraße 3.

Hans Lettré und Heinrich Wrba.

Eingegangen am 7. April 1955.

[1]) Fitzhugh, O. G., u. A. A. Nelson: Federat. Proc. **9**, 272 (1950).

[2]) Fitzhugh, O. G., A. A. Nelson u. J. P. Frawley: J. Amer. Pharmaceut. Assoc. Sci. **60**, 583 (1951).

[3]) Lehman, A. J.: Quart. Bull. Assoc. Food a. Drug Office **14**, 32 (1950).

[4]) Wir verwendeten ein uns von der Firma Riedel de Haen, Seelze bei Hannover, überlassenes Präparat. Siehe auch Kling, A., M. D. Bovet u. J. Ruiz: Bull. Acad. Méd., Paris III. ser. **125**, 69 (1941).

[5]) Rost, E., u. A. Braun: Arb. Reichsgesdh.amt **57**, 212 (1926).

Besprechungen.

Hund, Friedrich: Materie als Feld, eine Einführung. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1954. VIII, 418 S. u. 40 Abb. DM 48.—; Gzl. DM 52.—.

Es ist das Ziel des Verf., dem von der Quantenmechanik herkommenden Studierenden einen Leitfaden zu geben, der ihm den Zugang zu den Arbeiten über die Quantentheorie der Wellenfelder erleichtern soll. Darum nimmt die Behandlung der klassischen und daher auch „anschaulichen" Wellentheorien einen sehr breiten Raum ein. Die wichtigsten Vorgänge werden, soweit das möglich ist, im Rahmen dieser Theorie erläutert.

Neben einem Teil der in die Grundlagen einführenden Einleitung handeln drei von elf Kapiteln von der anschaulichen Wellentheorie. Der klassische Wellenbegriff wird am Beispiel des elektromagnetischen Feldes erläutert. Im Rahmen des vorrelativistischen Wellenbildes der Materie werden unter anderem Reflexion und Brechung, der Tunneleffekt und die Kräfte des Materiewellenfeldes behandelt. Im relativistischen Teil steht die Bestimmung des Energie-Impuls-Tensors und die der Lagrange-Dichte einer Lorentz-invarianten skalaren Theorie mit und ohne Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Feld im Mittelpunkt der Betrachtung. Erneut werden die Kräfte des Materiefeldes besprochen, speziell die Kernkräfte und die Materieerzeugung im stark inhomogenen Feld.

Der nicht besonders gekennzeichnete, aber deutlich abgetrennte Teil II, der die Kapitel 4 bis 6 umfaßt, führt zur

Quantelung der Wellenfelder. Kapitel 4 und 5 widmen sich der Quantenmechanik im engeren Sinn. Ihre Darstellung im vorliegenden Buch bringt nicht nur die Grundlagen der Quantenmechanik in Erinnerung, sondern es wird die Quantenmechanik vom Wellenstandpunkt her entwickelt. An erster Stelle stehen die Wellengleichungen für die Einteilchensysteme. Wahrscheinlichkeitsdeutung, FERMI- und BOSE-Statistik bei mehreren, noch ungekoppelten Teilchen werden behandelt. Erst im Anschluß daran wird die Quantentheorie der Mechanismen, der Zusammenhang mit der Mechanik angegeben.

Zur eigentlichen Quantentheorie der Wellenfelder gelangt Verf. auf zwei Wegen. Bei geladenen Teilchen kann man, von der Ganzzahligkeit der Ladung ausgehend, mindestens innerhalb gewisser Grenzen sofort die Eigenschaften der in die Theorie eingehenden Operatoren bestimmen und damit die Theorie mehr phänomenologisch ableiten als korrespondenzmäßig oder gar nur auf Grund formaler Übertragungsregeln. Die Anfänge einer solchen direkten Betrachtungsweise findet man in der PAULIschen Spintheorie und in der FERMIschen Theorie des β-Zerfalls. Das vorliegende Buch läßt erkennen, daß die Vorteile dieser Methode gewöhnlich nicht ausgeschöpft werden. Natürlich werden auch die formalen Quantisierungsmethoden angegeben, die sich eng an das Vorbild der Quantentheorie der Mechanismen anlehnen. Besonders aufschlußreich für den Unterschied zwischen klassischen und gequantelten Wellen sind die Betrachtungen über die Materieerzeugung.

In dem dritten Teil, Kapitel 7 bis 9, werden spezielle Materiefelder behandelt und die Besonderheiten, die dabei auftreten. Es ist im Gegenstand begründet, daß hier die Darstellung in mehr geläufigen Bahnen verläuft als sonst. In den Kapiteln 7 und 8 wird Materie mit dem Spin 1 und dem Spin $\frac{1}{2}$ untersucht. Hier gilt es vor allem, den Energie-Impuls-Tensor zu bestimmen, den Spinanteil des Drehimpulses abzuspalten und bei Teilchen mit dem Spin $\frac{1}{2}$ die Löchertheorie zu entwickeln. In Kapitel 9 kommen allgemeine Probleme der Feldtheorie zur Sprache: Bestimmung des symmetrischen Energie-Impuls-Tensors, allgemeine Methoden der Quantelung.

Erst im letzten Teil, Kapitel 10 und 11, wird die Frage der Kopplung zwischen den Elementarteilchen behandelt und die Theorie der Elementarteilchen gestreift. Bei aller gebotener Knappheit der Darstellung erfreuen diese Kapitel ganz besonders nicht nur durch die Reichhaltigkeit der behandelten Probleme, sondern auch dadurch, daß sie fühlbar machen, was der Leser auf dem zurückgelegten Weg erreicht hat, daß er sich freigeschwommen hat und daß er sich darum in den strudelerfüllten Strom der Quantentheorie der Wellenfelder hinauswagen darf.

Dem konsequenten klassischen Feldstandpunkt ist es angemessen, statt gequantelter Größen wie Ladung und dergleichen nur die in den klassischen Gleichungen vorkommenden Konstantenverbindungen als Koeffizienten zu benutzen. Doch ist das dadurch veränderte Formelbild für Vergleichungen etwas unbequem, so daß man sich oft wünscht, es möchte allein an den für die Erläuterung der klassischen Wellenvorstellung wesentlichen Stellen stehen.

Wenn man von der klassischen Wellenvorstellung ausgeht, treten die beiden folgenden, dem Ref. wesentlich erscheinenden Sätze in den Hintergrund: 1. Jede lineare Transformation der von den Besetzungszahlen $N_1, N_2, \ldots$ abhängigen Wahrscheinlichkeitsamplituden $\Phi(N_1, N_2, \ldots)$ *kann* durch Funktionen von BOSE-Operatoren dargestellt werden. 2. Wenn zu allen Zeiten nur die Besetzungszahlen 0 und 1 vorkommen, so *kann* man statt dessen die FERMI-Operatoren verwenden.

Bewußt verzichtet das Buch auf eine Darstellung des im ganzen noch ungelösten Singularitätenproblems und damit zusammenhängend auf die Darstellung der Theorie der Renormierung.

Es ist kaum nötig hinzuzufügen, daß dieses für den fortgeschrittenen Anfänger bestimmte Buch auch dem Kenner viel Anregung zu geben vermag und daß es mehr als alle anderen einschlägigen Bücher geeignet ist, den fernerstehenden Fachmann in die Methoden der Quantentheorie der Wellenfelder einzuführen, natürlich nicht auf mühelose Weise.

F. BOPP (München).

Goldschmidt, V. M.: Geochemistry. Hrsg. v. ALEX MUIR. Oxford: Clarendon Press 1954. 730 S. 63 s net.

Als VIKTOR MORITZ GOLDSCHMIDT am 22. März 1947 starb, hat er ein umfangreiches Manuskript über Geochemie hinterlassen. Kein anderer Zeitgenosse war so berufen, ein solches Buch zu schreiben, wie GOLDSCHMIDT. Wir verdanken ihm die Begründung der modernen Geochemie, insbesondere die Aufklärung des Zusammenhangs zwischen Geochemie und Kristallchemie und eine Fülle von wichtigsten Daten über einzelne Elemente. [S. Nachruf, Naturwiss. **34**, 129 (1947).] Leider war das Manuskript in vielen Teilen unvollständig und berücksichtigte im wesentlichen nur die Literatur bis etwa 1940. Es ist das Verdienst von ALEX MUIR zusammen mit einer Reihe von Mitarbeitern, das Buch so weit ergänzt zu haben, daß es nunmehr im Druck vorliegt. Es enthält zwei Hauptteile, von denen der erste die allgemeine Geochemie behandelt, der zweite die Geochemie der einzelnen Elemente. Der erste Teil war bei GOLDSCHMIDTs Tod am wenigsten fortgeschritten. Hier hat sich der Herausgeber so geholfen, daß Teile aus früheren Veröffentlichungen GOLDSCHMIDTs, die in deutscher Sprache erschienen waren, übersetzt und verarbeitet wurden. Dieser Teil enthält die Kapitel Ziel und Entwicklung der Geochemie, Verteilung der Elemente während der Entstehung der Erde, Entstehung der magmatischen Gesteine, quantitative Behandlung geochemischer Prozesse, die chemische Zusammensetzung des Kosmos und die Beziehungen zwischen Kristallchemie und Geochemie. Im zweiten Teil wurde das Kapitel über Phosphor von LANDERGREN, Stockholm, geschrieben, Selen aus GOLDSCHMIDTs Notizen von MUIR und Aluminium von NOCKOLDS ergänzt. Auch bei den übrigen Elementen wurde an vielen Stellen auf neuere Literatur hingewiesen. Die schwierige Vorbereitung des Manuskripts für den Druck ist die Ursache, daß es erst so spät erscheinen konnte. Es weist infolgedessen manche Lücken hinsichtlich der neueren Literatur auf, aber dieser Nachteil wird weitaus überwogen dadurch, daß nun viele Daten aus unveröffentlichten Arbeiten von GOLDSCHMIDT im Druck vorliegen. Gerade wer GOLDSCHMIDTs Arbeiten kennt, ist bei der Durchsicht des Buches immer wieder überrascht, wieviel Neues er vor allem im speziellen Teil findet. Auch der allgemeine Teil wird vor allem in den angelsächsischen Ländern sehr nützlich sein, weil die fundamentalen Arbeiten GOLDSCHMIDTs alle nur in deutscher Sprache erschienen sind. So müssen wir dem Herausgeber und seinen Mitarbeitern für dieses Werk sehr dankbar sein.

GOLDSCHMIDT äußert sich in dem kurzen Vorwort kritisch gegenüber dem Versuch eines Einzelnen, das ganze Gebiet der Geochemie darzustellen, und bezeichnet das Buch als einen Versuch, wenigstens eine Idee von dem Ziel der modernen Geochemie zu geben. Das Buch ist viel mehr geworden, als dieser zurückhaltende Ausspruch besagt. Es ist eine würdige Zusammenfassung seines Lebenswerkes und unentbehrlich für jeden, der sich mit Geochemie befaßt.

C. W. CORRENS (Göttingen).

Hollemann, A. F., and J. P. Wibaut: Organic Chemistry. 16. Aufl. New York-Amsterdam-London-Brussels: Elsevier Publishing Company 1951. XIV u. 660 S. f. 29.5.

Hier liegt die englische Übersetzung der 16. holländischen Auflage des Lehrbuches von A. F. HOLLEMANN vor, die von J. P. WIBAUT veranstaltet und auf den heutigen Stand der Wissenschaft gebracht worden ist (Übersetzer S. COFFEY). Da die letzte holländische Auflage 1920 erschienen war, sind in fast allen Kapiteln zum Teil recht umfangreiche Veränderungen und Ergänzungen vorgenommen worden. In der Einleitung wird auf die besondere Bedeutung physikalischer Methoden für den organischen Chemiker hingewiesen, im wesentlichen jedoch nur UV-, IR- und RAMAN-Spektroskopie behandelt. Die Aufnahme einer Reihe weiterer Verfahren in die nächste Auflage wäre wünschenswert, so z. B. der Polarographie, der Messung der Redoxpotentiale, aber auch der Chromatographie (sie wird im chemischen Teil nur sehr kurz erwähnt), der Papierchromatographie, der Gegenstromverteilung.

Die auch in den früheren Auflagen bewährte klassische Dreiteilung des Stoffes wird beibehalten: Aliphatische Verbindungen, carbozyklische Verbindungen (Aromaten und Alizyklen) und heterozyklische Verbindungen. Diese klassische Gliederung führt dazu, daß aktuelle Probleme der organischen Chemie nicht zusammenfassend behandelt werden können, wodurch die Informationen z. B. über Kunststoffe, Vitamine, Hormone, Antibiotika, Katalyse u. a. unzulänglich bleiben. Im Rahmen dieses Einteilungsprinzips wird besonderer Wert auf eine strenge und übersichtliche Systematik gelegt, die auch in einer sauberen Gliederung zum Ausdruck kommt. Es er-

scheint jedoch fraglich, ob diese letzten Endes von der 1898 erschienenen 1. Auflage her übernommene „klassische" Systematik bei einem Lehrbuch dieses Umfanges, das sich nicht nur an den Chemiestudierenden, sondern auch an den Mediziner und Biologen wendet, heute noch didaktisch zweckmäßig ist. Trotz zahlreicher Hinweise fällt dem Studierenden die Herstellung von Querverbindungen nicht leicht. Neben der reinen Stoffaufzählung sollte, bei aller gebotenen Vorsicht in der Erläuterung von Reaktionsmechanismen, den mannigfaltigen Problemen der chemischen Reaktionsweisen mehr Raum gegeben werden. Den besonderen Anteil des holländischen Beitrags zur organischen Chemie läßt schon allein die zahlenmäßige Verteilung der im Text zitierten Namen erkennen.

An der sonst vorzüglichen Ausstattung verwundert das dicke Papier (das Buch ist mit seinen 660 Seiten ungewöhnlich dick), unter den Abbildungen hätte man sich modernere Apparaturen gewünscht. Die konsequente Einhaltung der Genfer Nomenklatur kommt dem Buch sehr zugute. Jedem, der tiefer in die Materie eindringen will, dürfte der Anhang mit Hinweisen auf wichtige Sammel- und Registerwerke der organischen Chemie eine nützliche Hilfe sein.

KLAUS G. KINKEL (Göttingen).

Kühn, Alfred: Vorlesungen über Entwicklungsphysiologie. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1955. IX, 506 S., 477 Abb. DM 43.60.

„Veröffentlichte Vorlesungen sind mir ein Gräuel!" Mit diesem Ausspruch, für den ALEXANDER VON HUMBOLDT verantwortlich ist, eröffnet ALFRED KÜHN etwas maliziös sein Werk. Damit bekennt er sich zu allen Eigenheiten und Unzulänglichkeiten, die ein Kritiker einem Buche vorwerfen könnte, das im wesentlichen einen Vorlesungszyklus wiedergibt. Gleichzeitig verschafft sich aber der Verf. eine herrliche Freiheit, eben jene Probleme zu besprechen, die ihn interessieren und die er seinen Studenten nahelegen möchte. So ist das KÜHNsche Werk kein vollständiges Lehrbuch der Entwicklungsphysiologie. Wesentliche Teilstücke dieser Wissenschaft sind nicht berücksichtigt, und wer eine handbuchartige Stoffanordnung und schulmeisterlich systematische Behandlung aller Fragen erwartet, wird enttäuscht. Wer aber bereit ist, von einem Meister zu lernen, der mit großer Souveränität und auf Grund seiner umfassenden Erfahrung als Experimentator einen fesselnden Stoff gestaltet, der wird mit aufgenommen in die Gemeinschaft der akademischen Hörer, denen es vergönnt war, in Göttingen und später in Tübingen die „wirklichen" Vorlesungen zu erleben.

A. KÜHN, der ebenso sehr mit den Problemen der Genetik wie mit den Grundfragen und Methoden der Entwicklungsphysiologie vertraut ist, geht überall aus von der erbbedingten Reaktionsnorm der Entwicklungssysteme, um dann zu zeigen, wie innere und äußere Faktoren die Ontogenese leiten und wie dabei die Form und Funktionsstruktur des Organismus entsteht. Nirgends wird eine scharfe kausalanalytische Fragestellung verlassen, und Hypothesen, denen kein heuristischer Wert zukommt, finden keine Beachtung. Die Behandlung der Probleme wird andererseits überall bis an die Front der heutigen Forschung herangeführt. Auf ungelöste Probleme und fundamentale Erkenntnislücken wird ausdrücklich hingewiesen.

Der Aufbau des Werkes ist ausgesprochen thematisch. Im Zentrum einer jeden Vorlesung stehen die allgemeinen Probleme; was zu ihrer Lösung herangezogen werden kann, wird benützt, gleichgültig, aus welcher Tier- oder Pflanzengruppe das Experimentalbeispiel oder das erklärende Modell stammt. Erfreulicherweise kommen auch viele, teilweise vergessene Arbeiten aus der klassischen Frühzeit der experimentierenden Entwicklungsforschung zu neuer Geltung. Die sprachliche Gestaltung bleibt einfach und ist von vorbildlicher Präzision. Die überaus zahlreichen Bilder genügen höchsten Ansprüchen. ALFRED KÜHN ließ alle Abbildungen der Originalliteratur nach einheitlichem Stil umzeichnen. So mußte ein wirklich „schönes" Buch entstehen. Viele Autoren werden feststellen, wie gut sich ihre Illustrationen ausnehmen, die nun, nach didaktischen Gesichtspunkten vorteilhaft gruppiert, erst recht zur Geltung kommen.

Und nun zum weitgespannten Stoffumfang! Nach Erläuterung der wesentlichen Grundprobleme befaßt sich der Autor zunächst mit der Struktur, der Biochemie und dem funktionellen Verhalten der fundamentalen Zellkomponenten, das sich im Formwandel der Chromosomen sowie im Mitose- und Meiosemechanismus äußert. Es folgt dann eine Darstellung der Cytoplasmateilung und der Wechselbeziehungen zwischen dem Kern- und dem Plasmawachstum. Nach einer Analyse der Entwicklungszyklen und der Sexualvorgänge bei einzelligen Organismen werden die wenig bekannten Gestaltungsvorgänge charakterisiert, welche die Entwicklungsabläufe der nicht-zelligen und der primitiven, koloniebildenden Lebewesen beherrschen. Eine kurze Behandlung der Befruchtungs- und Aktivierungsphysiologie leitet über zur Besprechung von Polaritätseigenschaften und zur Kausalanalyse der Furchungsvorgänge.

Zum Kernstück des Buches werden die Vorlesungen über die Entwicklungsphysiologie der Echinodermen, Amphibien und Insekten. Hier findet der Leser eine ausführlich dokumentierte Darstellung der Determinationsprobleme, der Gefällesysteme, der Induktionsvorgänge und der embryonalen Topogenese. Diesen Regulationstypen stellt der Verf. die Mosaikentwicklung gegenüber, wie sie bei Asciden und bei Wirbellosen mit Spiralfurchung verwirklicht ist. Meisterhaft erläutert wird die besonders in neuester Zeit erfolgreich fortschreitende Entwicklungsphysiologie der Insekten. Dabei kommen auch die hormonalen Vorgänge, die in der Metamorphose wirksam sind, zur Darstellung.

Daß der Verf. als Zoologe es unternimmt, die nicht einfachen Probleme der Entwicklungsphysiologie pflanzlicher Systeme zu erläutern, darf als ungewöhnliches Verdienst gelten. Die Unterschiede zu den Grundlagen und Vorgängen, die für zoologische Objekte charakteristisch sind, treten in dieser umfassenden Übersicht besonders klar hervor.

In den letzten Vorlesungen spricht der Genetiker A. KÜHN zu uns. Er zeigt, wie die Einzelfaktoren des Erbgefüges in die Entwicklung eingreifen, welche Mittel zur Merkmalsbildung eingesetzt werden und auf welchen Wegen die merkmalsreichen Phänotypen zustandekommen.

Akademische Lehrer, Forscher und Studierende werden das prächtige Buch willkommen heißen und dem Autor für eine Arbeit danken, die nur er so erfolgreich bewältigen konnte.

ERNST HADORN (Zürich).

Rein, Hermann †, und Max Schneider: Einführung in die Physiologie des Menschen. 11. umgearb. Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1955; 685 S., 481 Abb., 65 Tabellen. 48.— DM.

Wer REINS „Einführung in die Physiologie des Menschen" kennt, wird die Schwierigkeiten abschätzen, die auftreten müssen, wenn ein anderer Autor dieses Buch neu herausgibt. REINS Buch ist persönlich in der Auswahl des Stoffes, aber auch in der Sprache bis in die Wahl der Worte hinein. Es hat vieles vom Persönlichen des großen Einführungskollegs, das von REIN immer wieder mit Begeisterung gelesen wurde. HERMANN REIN selbst schlug MAX SCHNEIDER in den letzten Tagen seines Lebens vor, er sollte das Buch völlig neu schreiben. Da es aber völlig vergriffen war und eine Neuherausgabe eilte, war dies in der kurzen, zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich. Es konnten vorläufig nur diejenigen Kapitel neu geschrieben werden, die am längsten nicht bearbeitet waren. Freunde und Schüler HERMANN REINS werden MAX SCHNEIDER Dank wissen, daß auch in den neu geschriebenen Kapiteln viel von Form und Geist des alten Buches wiederzufinden ist. Im Sinne des alten Lehrbuches ist es ein Ein-Mann-Buch geblieben. REIN hat immer Wert darauf gelegt, daß es eine „Einführung" ist. Dem Lernenden sollen nicht in erster Linie Examenskenntnisse und auch nicht spezielle Ergebnisse der Forschung übermittelt werden. Er soll unter der Leitung einer einzelnen Persönlichkeit durch die gesamte Physiologie hindurchgeführt werden. Ein Physiologiebuch, bei dem darauf verzichtet wird, besondere Abschnitte durch Spezialisten schreiben zu lassen, muß seine Schwächen haben. Der Autor muß Kapitel bearbeiten, über die er keine eignen experimentellen Erfahrungen besitzt. Aber der Vorteil einer einheitlichen Führung durch das gesamte Gebiet kann dies voll und ganz auswägen. Das gilt besonders für die jungen Mediziner. Aber auch mancher Naturwissenschaftler, der sich einen Überblick über die Physiologie verschaffen will, wird von der Einheitlichkeit des Buches Vorteil haben. Dem Fachphysiologen stehen ja Viel-Männer-Bücher im ausreichenden Maße zur Verfügung, im deutschen Sprachbereich besonders das vielbändige Lehrbuch von TRENDELENBURG und SCHÜTZ. Wenn betont wurde, daß das vorliegende Buch eine „Einführung" ist, so darf ihm damit sein Wert als Nachschlagebuch nicht abgesprochen werden. Man orientiert sich ja in späteren Jahren gern da, wo man zuerst eingeführt wurde. Das in Tabellen und Abbildungen wiedergegebene Material war schon im REINschen Buch reich-

lich, es ist durch MAX SCHNEIDER noch weiter vermehrt worden.

Die Einteilung des Buches ist die alte geblieben und stimmt damit auch mit der der meisten anderen Physiologiebücher überein. Neu bearbeitet wurden die Kapitel Niere, Hormone, Muskel, peripheres und zentrales Nervensystem. Die übrigen Kapitel wurden teils durch Einfügung und Änderung auf einen neueren Stand gebracht. Teils wurden auch da schon ganze Abschnitte neu gefaßt (Elektrokardiographie, Depotorgane, Kapillarfunktion und Lymphbildung, Atmungsregulation, Temperaturregulation, Vitamine, allgemeine Sinnesphysiologie, Hautsinne, Geruchs- und Geschmackssinn, Hörtheorie, Farbensehen, Gesichtswahrnehmungen). Die Vermehrung des Umfanges von 560 auf 685 Seiten beruht besonders darauf, daß die Darstellung der beiden großen Regulationssysteme, der inneren Sekretion und des Nervensystems, erweitert wurde. Diese Erweiterungen sind für das Buch Bereicherungen, die man ihm immer schon wünschte.

W. SCHOEDEL (Göttingen).

Pigment Cell Growth. Berichte von der dritten Konferenz über die Biologie des normalen und atypischen Pigmentzellwachstums (Referate gehalten am 15.—17. Nov. 1951 vor The New York Zoological Society in New York. Herausgeber: Myron Gordon; publiziert 1953 durch Academic Press Inc., Publishers, New York N.Y.). — 365 S. u. 16 Tafeln. $ 7.00.

Das Buch umfaßt 22 Aufsätze (365 Seiten, 16 Tafeln, zahlreiche Textabbildungen) teils allgemeinbiologischen, teils medizinisch-klinischen und enzymologisch-chemischen Inhaltes. Dem Biologen bietet das Studium der Entwicklung der Farbzellen und Farbmuster eine Fülle grundlegender Probleme, den Chemiker und Biochemiker interessieren Struktur und Biosynthese tierischer Farbstoffe, der Kliniker aber erhofft sich durch die fortschreitende Kenntnis allgemeiner Zusammenhänge vertiefte Einsicht auch in die Vorgänge, die beim Menschen zu neoplastischer Veränderung von Pigmentzellen und damit zu den gefährlichsten aller Geschwülste führen. — Die anlagemäßige Herkunft der Pigmentzellen aus der Neuralleiste ist für Amphibien und Vögel durch zahlreiche experimentelle Untersuchungen belegt, doch werden auch andere Entstehungsmöglichkeiten angegeben. Sogar die Umwandlung von Makrophagen in echte Melanophoren wird ernsthaft in Erwägung gezogen (NIU und TWITTY 1951) — und lebhaft bestritten (Diskussionsbeitrag von H. C. DALTON). Im Vordergrund des Interesses stehen heute die entwicklungsphysiologischen Ursachen des Abwanderns der Chromatoblasten aus der Neuralleiste, ihre Verteilung, Vermehrung und Differenzierung in bestimmten Regionen des Körpers. Probleme dieser Art sind besonders in dem Beitrag von M. RAWLES über die Herkunft der Säugerpigmentzellen und ihre Bedeutung für die Ausfärbung des Haars behandelt, kehren unter wechselnden Gesichtspunkten aber auch in anderen Referaten wieder. Die endokrinologische Seite wird von H. C. DALTON am Axolotl und von J. P. TRINKAUS am Beispiel des Haushuhns (Braune Leghorn) eingehend erörtert, die genetische von F. B. HUTT, ebenfalls an Hühnerrassen. Während bei vielen Vögeln eine eindeutige Beziehung besteht zwischen der Gonadentätigkeit und der Differenzierung des Pigments und auch beim Menschen in der normalen und pathologischen Pigmentierung solche Korrelationen nachgewiesen sind, konnten O. BERG und M. GORDON keinen Einfluß der Gonaden auf die Entwicklung genetisch bedingter Melanosis und Pigmenttumoren bei Fischbastarden beobachten. Von den medizinisch-klinischen Beiträgen sei der Kürze halber nur derjenige von G. T. PACK und Mitarbeitern erwähnt; er stützt sich auf eine ungewöhnlich große Erfahrung, auf 1190 Fälle mit malignem Melanoma, die von 1917 bis 1950 am Memorial Cancer Center in New York behandelt worden waren. Angesichts der starken Tendenz maligner Melanomazellen, zu metastasieren, und ihrer Virulenz bedeutet es schon einen ermutigenden Fortschritt, daß die Zahl der definitiv Geheilten von 10% in den Jahren 1917 bis 1925 auf rund 27% in der Zeitspanne von 1936 bis 1945 erhöht werden konnte. Frühzeitigere Diagnose und sofortige radikale chirurgische Behandlung sind wesentlich an dieser Verbesserung der Erfolgsaussichten beteiligt. Dagegen haben chemische und radiologische Behandlung des malignen Melanomas bis heute völlig versagt. — Die Struktur der natürlichen Melanine (Beitrag von H. S. MASON) ist noch wenig geklärt. Abgesehen von der Vielfalt der Polymerisationsmöglichkeiten und Oxydo-Reduktionszustände der Diphenole wirkt erschwerend, daß die natürlichen Melanine stets an Proteine gebunden vorkommen. Unsere Vorstellungen beruhen deshalb noch vorwiegend auf in vitro-Oxydationen, z. B. von Tyrosin über 3,4-Dihydroxyphenylalanin (Dopa) zu Indol-5,6-Chinon, das als Polymerisationseinheit des Dopa-Melanins gilt. Auch über Wachstum, Struktur und Zugehörigkeit der Melaningranula in Wirbeltiermelanocyten sind wir erst lückenhaft unterrichtet. — Sehr zu begrüßen ist der Versuch, endlich Einheitlichkeit der Begriffe herbeizuführen; einmütig wurde von den Konferenzteilnehmern vorgeschlagen, die dem Embryologen geläufigen Begriffe für Melanoblast, Melanocyte usw. zu verwenden. Nicht alle Ref. haben sich daran gehalten!

G. ANDRES (Tübingen).

Advances in Enzymology and Related Subjects of Biochemistry. Bd. XIV, hrsg. v. F. F. NORD. New York: Interscience Publishers, Inc. 1953. X u. 470 S. $ 9.25.

Von den Beiträgen des wiederum sehr gut gedruckten und ausgestatteten 14. Bandes ist die Mehrzahl allgemeinen und methodischen Problemen gewidmet. TH. BÜCHER, Hamburg, behandelt „Probleme des Energietransports innerhalb lebender Zellen" (48 S.). Am ATP-System wird die Energieüberführung durch Transport eines materiellen Trägers analysiert. Energieleitung und -strahlung werden an physikalischen Modellen dargestellt. Die biochemischen Beobachtungen und Probleme, welche zu diesen Mechanismen des Energietransports in Beziehung gebracht worden sind, werden klar und anregend beschrieben. W. LANGENBECK, Halle, stützt seinen kurzen Bericht über „Chemismus der organischen Katalyse" (29 S.), der neben Hauptvalenzkatalysen und Metallkomplexkatalysen die Wirkungsweise von Cofermenten und Apofermenten erörtert, hauptsächlich auf ältere Arbeiten. „Vorschläge für eine rationelle Klassifizierung und Nomenklatur der Enzyme" (41 S.) werden von O. HOFFMANN-OSTENHOF, Wien, unterbreitet. CH. A. ZITTLE, Philadelphia, Pa., hat die Ergebnisse zahlreicher „Untersuchungen über die Adsorption von Enzymen und anderen Proteinen" (55 S.) geordnet. Nach einer kurzen Beschreibung der Theorie der Adsorption und der Faktoren, welche Adsorptionsgeschwindigkeit und -gleichgewicht beeinflussen, werden die einzelnen in neuerer Zeit gebrauchten Adsorptionsverfahren und Adsorptionsmittel behandelt. Die Proteine, die durch Chromatographie gereinigt wurden, sind tabuliert. Untersuchungen an einigen Enzymen und Viren sind ausführlicher beschrieben. Die Übersicht von S. SCHWIMMER, Albany, Cal., und A. B. PARDEE, Berkely, Cal., über „Prinzipien und Verfahren zur Isolierung von Enzymen" (23 S.) beschränkt sich auf allgemeine Gesichtspunkte. „Enzymische Isomerisierungen" (25 S.) werden von L. F. LELOIR, Buenos Aires, zusammengefaßt aus der Erwägung, daß viele vielleicht in ihrem Mechanismus ähnlich sind. Neben der Umwandlung stereoisomerer α-Aminosäuren und α-Oxysäuren werden die Umwandlung Glukose-1-Phosphat = Galaktose-1-phosphat, die Aldose-Ketose-Umwandlung und die Veränderungen in der Stellung der Phosphatgruppen beschrieben. Mehr als der Titel ankündigt ist im Beitrag von P. DESNUELLE, Marseille, über „Einige neue Methoden zur Untersuchung der Struktur von Proteinen" (56 S.) zu finden; ein Fortschrittsbericht, der neben den Methoden selbst deren Leistungen durch eine lebendige Darstellung einiger wichtiger Kapitel der Proteinchemie charakterisiert. A. B. LERNER, Portland, Or., beschreibt ausführlich den „Stoffwechsel des Phenylalanins und Tyrosins" (53 S.). Durch zahlreiche Untersuchungen der letzten Jahre ist unsere Kenntnis der mannigfachen Reaktionen dieser beiden Aminosäuren, die in mehrere Verbindungen mit spezifischen Funktionen übergeführt werden können (Melanin, Fumarat, Thyroxin, Adrenalin und Noradrenalin, Proteine), erheblich erweitert worden. Die Ausführungen über die Tyrosinase werden ergänzt durch den Beitrag von J. W. SIZER, Cambridge, Mass., über die „Oxydation von Proteinen durch Tyrosinase und Peroxidase" (32 S.). E. E. SNELL und G. M. BROWN, Austin, Tex., beschreiben „Pantethin und verwandte Formen des Lactobacillus bulgaricus- Faktors" (22 S.) von der Entdeckung des Faktors (Disulfid des N-pantothenyl-β-aminoäthanthiols) bis zur Synthese und Aufklärung seiner Beziehung zum Coenzym A. M. KIESE (Marburg).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.

Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete

Unter Mitwirkung der Schriftleitung des „Zentralblatt für Mathematik" herausgegeben von **L. V. Ahlfors, R. Baer, R. Courant, J. L. Doob, S. Eilenberg, H. Rademacher, F. K. Schmidt, B. Segre, E. Sperner.** Neue Folge.

Die Ergebnisse der Mathematik fanden in der Zeit ihres Erscheinens von 1932 bis 1942 viel Beachtung und weite Verbreitung. Sie beginnen jetzt wieder in neuer Folge in einzeln berechneten Heften und werden schnell fortgesetzt werden.

Die Bezieher des „Zentralblatt für Mathematik" erhalten die „Ergebnisse der Mathematik" zu einem gegenüber dem Ladenpreis um 10% ermäßigten Vorzugspreis.

Erstes Heft:

Transfinite Zahlen

Von **Heinz Bachmann.** VII, 204 Seiten Gr.-8⁰. 1955. DM 29.80

Inhaltsübersicht: I. Einleitung: Allgemeine mengentheoretische Vorbemerkungen. — II. Ordnungszahlen und transfinite Funktionen. — III. Arithmetik der Ordnungszahlen. — IV. Arithmetik der Mächtigkeiten und Kardinalzahlen ohne Auswahlaxiom. — V. Die Konsequenzen des Auswahlaxioms und der Alephhypothese in der Kardinalzahlenarithmetik. — VI. Probleme des Kontinuums und der zweiten Zahlklasse. — VII. Unerreichbare Zahlen. — Literaturverzeichnis. — Sachverzeichnis.

Zweites Heft:

Equazioni alle derivate parziali di tipo ellittico

Von **Carlo Miranda.** VIII, 222 Seiten Gr.-8⁰. 1955. DM 28.80

Indice: **Prefazione.** — I. Problemi al contorno per le equazioni lineari. — II. Funzioni rappresentate da integrali. — III. Traduzione in equazioni integrali dei problemi al contorno. — IV. Soluzioni generalizzate dei problemi al contorno. — V. Maggiorazione a priori delle soluzioni del problema di Dirichlet. — VI. Equazioni non lineari. — VII. Altre ricerche sulle equazioni ellittiche. Equazioni di ordine superiore. Sistemi di equazioni. — Bibliografia. — Indice per autori.

Die partiellen Differentialgleichungen vom elliptischen Typ sind wegen ihrer zahlreichen Anwendungen in der mathematischen Physik und wegen der Fülle der erzielten Ergebnisse von besonderer Bedeutung. In den klassischen Kompendien der Analysis wird ihre Theorie jedoch nur unter speziellen Gesichtspunkten entwickelt, während die wertvollen Gesamtdarstellungen von Lichtenstein und Ascoli stark enzyklopädischen Charakter haben und nun auch schon einige Jahre zurückliegen.

Dem Verfasser erschien es daher von Interesse, den gegenwärtigen Stand der Forschung in einer Monographie zusammenzufassen und dabei auch eine gedrängte Übersicht über die verschiedenen, beim Studium der partiellen Differentialgleichungen angewandten Verfahren zu geben. Er beschäftigt sich hauptsächlich mit den grundliegenden Teilen der Theorie, die im Gegensatz zu den Untersuchungen über gemischte Probleme, über Gleichungen höherer Ordnung und Systeme von Differentialgleichungen schon einen gewissen Abschluß erreicht haben. Die folgenden Verfahren werden besonders herausgestellt:

1. Die Biraudsche Methode für die Zurückführung der Randwertprobleme auf Integralgleichungen zweiter Art.
2. Das Studium der Randwertprobleme mit Hilfe linearer Funktionalanalysis, das in Arbeiten von Caccioppoli, Picone und Weyl entwickelt worden ist.
3. Die Untersuchungen von Bernstein, Hopf, Schauder, Leray und Caccioppoli, die auf direkte Majorisierung der Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungen hinauslaufen.

Drittes Heft:

Analytische Fortsetzung

Von **Ludwig Bieberbach.** Mit 2 Textabbildungen. IV, 168 Seiten Gr.-8⁰. 1955. DM 24.80

Inhaltsübersicht: **Grundlegende Sätze.** Die Laplace-Borelsche Transformation. Die Koeffizienten als ganze Funktionen ihrer Nummer. Die Funktionen $\sum_0^\infty A(n)\,z^n$, $A(z)$ ganz. Der Hadamardsche Multiplikationssatz. Sätze von Hurwitz und Cramér. Die Eulersche Reihentransformation. Ein Test für singuläre Stellen eines Funktionselementes. Unmittelbare Folgerungen aus dem Test. — **Fabrysche Sätze.** Der allgemeine Satz. Der Fabrysche Lückensatz. Der Fabrysche Quotientensatz. — **Weiteres über Lücken und Koeffizientendichten.** Der Lückensatz von Ostrowski. Der Lückensatz von Pólya. Weiteres über Koeffizientendichte. Komplementäre Reihen. — **Die Häufigkeit der fortsetzbaren und der nichtfortsetzbaren Reihen.** Borel, Steinhaus, Boerner, Pólya, Hausdorff. Banachräume.— **Zusätze zum Hadamardschen Multiplikationssatz.** Ältere Untersuchungen. Die neuere Entwicklung. — **Arithmetische Eigenschaften der Koeffizienten.** Potenzreihen mit endlich vielen verschiedenen Koeffizienten. Potenzreihen mit ganzen rationalen Koeffizienten. Ganze ganzwertige Funktionen. — **Die Koeffizienten als Funktionen der Nummer.** Hadamard. Ein allgemeiner Satz von Leau. Der spezielle Satz von Leau. — Literaturverzeichnis. — Namenverzeichnis. — Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften

in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete

Herausgegeben von R. Grammel, E. Hopf, H. Hopf, F. Rellich, F. K. Schmidt, B. L. van der Waerden.

LXXIII. Band:

Einführung in die Verbandstheorie

Von **Hans Hermes**, Dr. rer. nat., o. Professor an der Universität Münster i. Westf. Mit 24 Abbildungen. VIII, 164 Seiten Gr.-8°. 1955. DM 19.80; Ganzleinen DM 22.80

Inhaltsverzeichnis: **I. Grundlagen:** Verbände. Halbordnungen. Ordnungstheoretische Charakterisierung der Verbände. Isomorphismen und Homomorphismen. Teilverbände und Teilbünde; Perspektivitäten. Vollständige Verbände. Der Verband der Teilalgebren einer Algebra. — **II. Die einfachsten Verbandsklassen:** Distributive und modulare Verbände. Charakterisierung der modularen und distributiven Verbände. Komplementäre Verbände, Boolesche Algebren. Atomare Verbände. Ideale in den verschiedenen Verbandsklassen. Einbettung in vollständige Verbände. — **III. Modulare Verbände:** Einige einfache Eigenschaften modularer Verbände. Der Verband der linearen Teilräume einer projektiven Geometrie. Verbandstheoretische Charakterisierung der projektiven Geometrien. Einige Eigenschaften der projektiven Geometrien. Zerlegungsverbände. Vertauschbare Äquivalenzrelationen. Lineare Abhängigkeit. — **IV. Distributive und Boolesche Verbände:** Darstellung der distributiven Verbände und Mengenverbände. Irreduzible Elemente in distributiven Verbänden. Algebraische Charakterisierung der Booleschen Verbände. Topologische Charakterisierung der Booleschen Verbände. Unendliche distributive Gesetze. — **V. Verschiedenes:** Das Zornsche Lemma. Kongruenzrelationen in Verbänden. Die Boolesche Algebra und die zweiwertige Logik. — Anhang. — **Namen- und Sachverzeichnis.**

LXXIV. Band:

Darstellungen von Gruppen mit Berücksichtigung der Bedürfnisse der modernen Physik

Von Dr. **Hermann Boerner**, Professor der Mathematik an der Justus-Liebig-Hochschule, Gießen. Mit 15 Abbildungen. XI, 287 Seiten Gr.-8°. 1955. DM 33.—; Ganzleinen DM 36.60

Inhaltsübersicht: **I. Matrizen.** Vektoren. Matrizen. Lineare Abbildungen. Begriff einer Algebra. Quadratische und hermitesche Formen, orthogonale und unitäre Matrizen. Eigenwerte und Transformation auf Diagonalgestalt. Zwei weitere Verknüpfungen für Matrizen; das Kronecker-Produkt. Äquivalenz und Reduzibilität von Matrixsystemen. Das Lemma von Schur. Vertauschbarkeit von Matrixsystemen. Beispiele irreduzibler Systeme. Eine Anwendung des Schurschen Lemmas. — **Gruppen.** Elementare Gruppentheorie. Die symmetrische und die alternierende Gruppe. Kontinuierliche Gruppen. Die Matrix-Exponentialfunktion. Der Infinitesimalring einer linearen Gruppe. Integration in Lieschen Gruppen. — **Allgemeine Darstellungstheorie.** Begriff der Darstellung. Die vollständige Reduzibilität der Darstellungen endlicher Gruppen. Eindeutigkeit der Zerlegung. Der Gruppenring und die reguläre Darstellung. Struktur des Gruppenrings. Vorbereitende Sätze. Die Struktur des Gruppenrings und das System der Klassen irreduzibler Darstellungen. Zur Darstellungstheorie der halbeinfachen Algebren. Normale Darstellungen. Die Charaktere. Charaktere und Gruppenring. Darstellungen und Charaktere eines direkten Produkts. Zusammenhang der Charaktere mit denen einer Untergruppe. Weitere Formeln für die Charaktere, ihre Berechnung auf algebraischem Wege. Die infinitesimalen Transformationen der Darstellungen kontinuierlicher Gruppen. Die abjungierte Darstellung. Die Charaktere der kontinuierlichen Gruppen. Gruppe mit Normalteiler vom Index 2. — **Die Darstellungen der symmetrischen Gruppen.** Die Tableaux. Hilfssätze über die Tableaux. Die irreduziblen Darstellungen. Die Standard-Tableaux. Volle Reduktion des Gruppenrings. Berechnung der Matrizen einer irreduziblen Darstellung. Beweis der Sätze 4.2 und 4.3. — **Die Darstellungen der vollen linearen, unimodularen und unitären Gruppen.** Vorbemerkungen. Das Kronecker-Quadrat und die symmetrischen und schiefsymmetrischen Tensoren zweiter Stufe. Der Raum der Tensoren r-ter Stufe und die Darstellungen der Gruppe G_n vom Polynomgrad r. Die Symmetrieklassen im Tensorraum. Die Tableaux und die ganzrationalen Darstellungen der vollen linearen Gruppe. Der Verzweigungssatz. Ganzrationale Darstellungen der reellen linearen, unimodularen und unitären Gruppen. Rationale und semirationale Darstellungen. Die unzerfällbaren Darstellungen der additiven Gruppe der reellen Zahlen. Die stetigen Darstellungen der vollen und reellen linearen, der unimodularen und unitären Gruppen. — **Charaktere der linearen und der Permutationsgruppen. Die alternierende Gruppe.** Die Charakteristiken und die Darstellungsgrade der ganzrationalen Darstellungen der vollen linearen Gruppe. Zusammenhang zwischen den Charakteren der symmetrischen Gruppe und den Charakteristiken der vollen linearen Gruppe. Zur Berechnung der Charaktere der symmetrischen Gruppe. Übersicht über die Darstellungen der alternierenden Gruppe. Noch eine Formel zur Berechnung der Charaktere von $\mathfrak{S}_r$. Analyse von Kronecker-Produkten bei der symmetrischen und bei der vollen linearen Gruppe. Die Charaktere der alternierenden Gruppe. — **Charaktere und eindeutige Darstellungen der Drehgruppe.** Zusammenhangsverhältnisse der Drehgruppe. Das Toroid $\mathfrak{T}_\Psi$. Das Stiefelsche Diagramm. Die Gruppe Ψ. Die Fundamentalbereiche der Gruppe Ψ. Die Eigenwerte der Darstellungen. Die Eigenwerte der adjungierten Darstellung. Das Integral über eine Klassenfunktion. Invariante und alternierende Polynome und Elementarsummen. Das System der einfachen Charaktere. Der Darstellungsgrad. Der Verzweigungssatz. Anwendung auf die niedersten Dimensionszahlen. Die Fundamentaldarstellungen. Die volle orthogonale Gruppe. — **Spindarstellungen, Infinitesimalring, gewöhnliche Drehgruppe.** Der Infinitesimalring der Drehgruppe. Cliffords Algebra und ihr Zusammenhang mit den infinitesimalen Drehungen. Darstellungstheorie der Cliffordschen Algebra. Die Spindarstellungen des Infinitesimalrings der Drehgruppe. Die Spindarstellungen der Drehgruppe. Die gewöhnliche Drehgruppe $\mathfrak{d}_3$. Die Formel von Clebsch-Gordan. Struktur des Infinitesimalrings und Gewichte der Darstellungen. Weitere Kronecker-Produkte. Algebra von Kennubi und De Broglie. — **Die Lorentz-Gruppe.** Die vier Stücke der Lorentz-Gruppe. Die Fundamentaldarstellungen der Lorentz-Gruppe $\mathfrak{L}_{n,t}$. Die gewöhnliche eigentliche Lorentz-Gruppe $l_{4,1}$ und ihr Zusammenhang mit der unimodularen Gruppe g_2. Die Darstellungen der vollen Lorentz-Gruppe $\mathfrak{L}_{4,1}$. — Literaturverzeichnis. — Namen- und Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Dieses Heft enthält je eine Beilage des Springer-Verlages, Berlin · Göttingen · Heidelberg, und des Springer-Verlages, Wien.